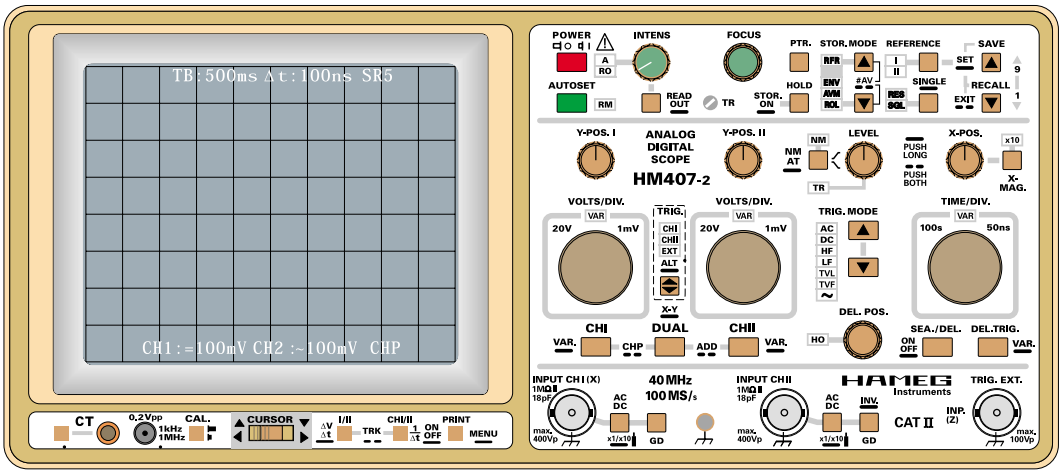
DEUTSCH

HAMEG®
Instruments

Oszilloskop
HM407-2.01



HANDBUCH•MANUAL•MANUEL

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung 4

Allgemeines 6
Symbole 6
Aufstellung des Gerätes 6
Sicherheit 6
Bestimmungsgemäßer Betrieb 6
Garantie 7
Wartung 7
Schutzschaltung 7
Netzspannung 7

Art der Signalspannung 8
Größe der Signalspannung 8
Spannungswerte an einer Sinuskurve 8
Gesamtwert der Eingangsspannung 9
Zeitwerte der Signalspannung 9
Anlegen der Signalspannung 10

Bedienelemente und Readout 11
Pre-Triggerung 14
Post-Triggerung 14

Menü 26

Inbetriebnahme und Voreinstellungen 27
Strahldrehung TR 27
Tastkopf-Abgleich und Anwendung 27
Abgleich 1kHz 27
Abgleich 1MHz 27

Betriebsarten der Vertikalverstärker 28
XY-Betrieb 28
Phasenvergleich mit Lissajous-Figur 29
Phasendifferenz-Messung
im Zweikanal-Betrieb (Yt) 29
Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb 29
Messung einer Amplitudenmodulation 29

Triggerung und Zeitablenkung 30
Automatische Spitzenwert-Triggerung 30
Normaltriggerung 31
Flankenrichtung 31
Triggerkopplung 31
Bildsynchronimpuls-Triggerung 32
Zeilensynchronimpuls-Triggerung 32
Netztriggerung 32
Alternierende Triggerung 32
Externe Triggerung 33
Triggeranzeige „TR“ 33
Holdoff-Zeiteinstellung 33
Ablenkverzögerung / After Delay Triggerung 33

Oszilloskop HM407-2.01

Autoset 35

Mittelwertanzeige 36

Komponenten-Test 36
Speicherbetrieb 37
Signal-Erfassungsarten 38
Speicherauflösung 38
Vertikalauflösung 38
Horizontalauflösung 38
Horizontalauflösung mit X-Dehnung 39
Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb 39
Anzeige von Alias-Signalen 39
Vertikalverstärker-Betriebsarten 39

Abgleich 39

RS232-Interface - Fernsteuerung 40
Sicherheitshinweis 40
Beschreibung 40
Baudrateneinstellung 40
Datenübertragung 40

Bedienungselemente HM407-2 41

St.210601-Hüb/tke

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG Instruments

Herstellers **HAMEG GmbH**
Manufacturer **Kelsterbacherstraße 15-19**
Fabricant **D - 60528 Frankfurt**

Bezeichnung / Product name / Designation:
Oszilloskop/Oscilloscope/Oscilloscope

Typ / Type / Type: HM407-2

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options: HO79-6

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des equipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994
EN 61010-1/A2: 1995 / IEC 1010-1/A2: 1995 / VDE 0411 Teil 1/A1: 1996-05
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1
Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.
Störfestigkeit / Immunity / Imunitee: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14
Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3
Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.

Datum /Date /Date **15.01.2001**

Unterschrift / Signature /Signatur

E. Baumgartner
Technical Manager /Directeur Technique

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

HAMEG Meßgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung.
Die am Meßgerät notwendigerweise angeschlossenen Meß- und Datenleitungen beeinflußen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Meßbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen

Die Verbindung von Meßgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluß mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.
Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel sind die von HAMEG beziehbaren doppelt geschirmten Kabel HZ72S bzw. HZ72L geeignet.

2. Signalleitungen

Meßleitungen zur Signalübertragung zwischen Meßstelle und Meßgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden.
Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel - RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muß Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Meßgeräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Meßaufbaues über die angeschlossenen Meßkabel zu Einspeisung unerwünschter Signalteile in das Meßgerät kommen. Dies führt bei HAMEG Meßgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Meßgerätes.
Geringfügige Abweichungen des Meßwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

4. Störfestigkeit von Oszilloskopen

4.1 Elektromagnetisches HF-Feld

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder, können durch diese Felder bedingte Überlagerungen des Meßsignals sichtbar werden. Die Einkopplung dieser Felder kann über das Versorgungsnetz, Meß- und Steuerleitungen und/oder durch direkte Einstrahlung erfolgen. Sowohl das Meßobjekt, als auch das Oszilloskop können hiervon betroffen sein.
Die direkte Einstrahlung in das Oszilloskop kann, trotz der Abschirmung durch das Metallgehäuse, durch die Bildschirmöffnung erfolgen. Da die Bandbreite jeder Meßverstärkerstufe größer als die Gesamtbandbreite des Oszilloskops ist, können Überlagerungen sichtbar werden, deren Frequenz wesentlich höher als die –3 dB Meßbandbreite ist.

4.2 Schnelle Transienten / Entladung statischer Elektrizität

Beim Auftreten von schnellen Transienten (Burst) und ihrer direkten Einkopplung über das Versorgungsnetz bzw. indirekt (kapazitiv) über Meß- und Steuerleitungen, ist es möglich, daß dadurch die Triggerung ausgelöst wird.
Das Auslösen der Triggerung kann auch durch eine direkte bzw. indirekte statische Entladung (ESD) erfolgen.
Da die Signaldarstellung und Triggerung durch das Oszilloskop auch mit geringen Signalamplituden (<500µV) erfolgen soll, läßt sich das Auslösen der Triggerung durch derartige Signale (> 1kV) und ihre gleichzeitige Darstellung nicht vermeiden.

HAMEG GmbH

Technische Daten

Vertikal-Ablenkung

Betriebsarten: Kanal I oder Kanal II einzeln, Kanal I und Kanal II alternierend oder chop., **Summe** oder **Differenz** von KI und ± KII,
XY-Betrieb: über KI (X) und K II (Y)
Bandbreite: 2x **0–40MHz** (–3dB)
Anstiegszeit: <8 ,75ns, Überschwingen: ≤1%
Ablenkkoeffizienten: 14 kalibrierte Stellungen **1mV** – **2mV**/cm ±5%(0 bis 10MHz (–3dB))
5mV – **20V**/cm ±3% (1-2-5 Teilung)
variabel 2,5:1 bis **50V/cm** (unkalibriert)
Eingangsimpedanz: 1MΩ II 18pF
Eingangskopplung: DC - AC - GD (Ground)
Eingangsspannung: max. 400V (DC + Spitze AC)

Triggerung

Automatik (Spitzenwert): **<20Hz-100MHz** (≥5mm), Normal mit Level-Einst.: **DC->100MHz** (≥5mm)
Flankenrichtung: positiv oder negativ
2. Triggerung mit Level-Einst. u. Flankenwahl
ALT.-Triggerung (≥8mm); Triggeranzeige mit LED
Triggerung ext.: ≥0,3V_{ss} von DC bis 40MHz
Quellen: Kanal I o. II, + altern, Netz, extern
Kopplung: **AC** (10Hz - 100MHz), **DC** (0 - 100MHz), **HF** (50kHz - 100MHz), **LF** (0 - 1,5kHz)
Aktiver TV-Sync-Separator für Bild und Zeile

Horizontal-Ablenkung

Zeitkoeffizienten: 1-2-5 Teilung; Genauigkeit ±3%.
Analog: 22 kalibr. Stellungen v. **0,5**s - **50**ns/cm
Digital: 27 kalibr. Stellungen v. **100**s – **0,2**µs/cm
Variabel (analog) 2,5:1 bis zu 1,25s/div. (uncal).
X-Dehnung x10: **10**ns/cm ±5%, (**dig.**) **20**ns/cm ±3%
Ablenkverzögerung: ca. **120**ms - **200**ns, (variabel).
Hold-off-Zeit: variabel bis ca. 10:1.
Bandbreite X-Verstärker: 0 - 3MHz (-3dB).
X-Y-Phasendifferenz: <3° unter 120kHz.

Digitale Speicherung

Betriebsarten: Refresh, Roll, Single, XY, Envelope, Average. (mit linearer **Dot Join Funktion**).
Abtastrate (Echtzeit): max. **100MSa/s** (8 bit flash).
Signalerfassungsrate: max. 180/s.
Speicherung: je Kanal 2k x 8bit.
Referenzspeicher: je Kanal 2k x 8bit.
Auflösung (Punkte/cm): 200(X) x 25 (Y); XY 25 x 25.
Pre-/Post-Trigger: 25, 50, 75, 100, -25, -50, -75%.

Bedienung / Anzeigen

Auto Set: automatische Parametereinstellung
Save und Recall: für 9 kompl. Einstellungen
Readout: Anzeige diverser **Meßparameter**
Cursormessungen: von ΔU, Δt oder 1/Δt (Freq.)
Schnittstelle: **RS-232** (serienmäßig)
Exclusives Zubehör: Fernbedienung **HZ68,** Opto-Schnittstelle **HZ70** (mit Lichtleiterkabel)

Komponententester

Testspannung: ca. 7V_{eff} (Leerlauf) ca. 50Hz
Teststrom: max. 7mA_{eff} (Kurzschluß)
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)

Verschiedenes

Röhre: D14-363GH, 8x10cm, Innenraster
Beschleunigungsspannung: ca. 2kV
Analogeingang für **Z-Modulation**
Kalibrator: ⎍ 0.2V ±1%, ≈ 1kHz/1MHz (ta <4ns)
Netzanschluß: 100-240V~ ±10%, 50/60Hz
Leistungsaufnahme: ca. 42 Watt bei 50Hz.
Zul. Umgebungstemperatur: 0°C...+40°C
Schutzart: Schutzklasse I (IEC1010-1/VDE 0411)
Gewicht: ca. 6,0kg, Farbe: techno-brown
Gehäuse: B 285, H 125, T 380 mm

4/00

40MHz Analog-/Digital-Oszilloskop HM407-2

mit Auto-Set, Readout/Cursor, Save/Recall, RS232-Interface und Kalibriermenü

Analog: 2 Kanäle 0– 40MHz, 1mV/cm – 50V/cm, Komponenten-Tester
Zeitbasis 0,5s-10ns/cm, Trigger 0-100MHz, 1MHz Kalibrator
Digital: Max. 100MSa/s, 4 Speicher 2048 x 8 bit, Pre- u. Post-Trigger,
Speicherarten: Refresh, Single, Roll, Average und Envelope.

Der **HM407** besitzt nunmehr auch alle Features der neuen **HAMEG** Oszilloskop-Generation. Er verfügt über ein **prozessorgesteuertes System**, das vor allem die Bedienung weitgehend automatisiert. Einfache Signale lassen sich mit der **"Autoset"**-Taste darstellen. Für das Abspeichern und Aufrufen ganzer Geräte-Einstellungen stehen die **"Save/Recall"**-Funktionen zur Verfügung.

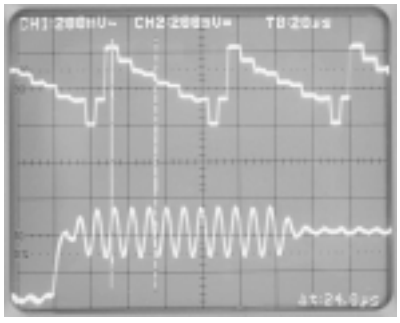
Für den Digitalbetrieb des **HM407-2** werden rauscharme Flash-AD-Wandler benutzt, die eine bessere Qualität als CCD-oder Analog-Array-Wandler bieten. Mit Hilfe eines **"Dot Join"** werden alle digitalisierten Signale **lückenlos** dargestellt. Neu sind auch die beiden **Referenz-Speicher**, deren Inhalt jederzeit mit anderen Signalen vergleichbar ist. Für das Ausmessen von Signalteilen auf dem Bildschirm sind **2 Cursoren** vorhanden. Alle wichtigen Meßparameter werden mit **Readout** auf dem Bildschirm angezeigt. Für die Steuerung und Signalverarbeitung über einen **PC** ist ein **RS232-Interface** eingebaut. Mit der Opto-Schnittstelle **HZ70** ist auch eine galvanisch getrennte Übertragung möglich. Eine Software zur Auswertung der Signale gehört zum Lieferumfang.

Einmalig in seiner Preisklasse ist auch der Analogteil des **HM407-2**. Mit der jetzt auf **40MHz** erhöhten Grenzfrequenz ist es kein Problem, Signale bis ca. **100MHz** einwandfrei stehend aufzuzeichnen. Ein **Komponenten-Tester** mit Einknopf-Bedienung gehört nach wie vor zum Standard des **HM407-2**. Ebenso der umschaltbare **1kHz/1MHz-Kalibrator**, mit dem die Übertragungsqualität - von der Tastkopfspitze bis zum Bildschirm - ständig kontrollierbar ist. Zwei Tastköpfe gehören zum Lieferumfang.

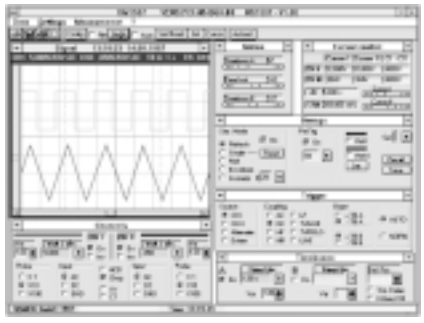
Alles in allem präsentiert sich auch der neue **HM407-2** als ein Oszilloskop mit viel praxisnaher Technik, dessen **Preis/Leistungs-Standard** weltweit wieder einmal neue Maßstäbe setzt.

Inkl. Zubehör: Netzkabel, Manual u. PC-Software auf CD-ROM, 2 Tastköpfe 1:1/10:1

Foto gespeicherter Video-Signale



Signaldarstellung auf einem PC-Bildschirm



Allgemeines

Sofort nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht in Betrieb gesetzt werden.

Symbole

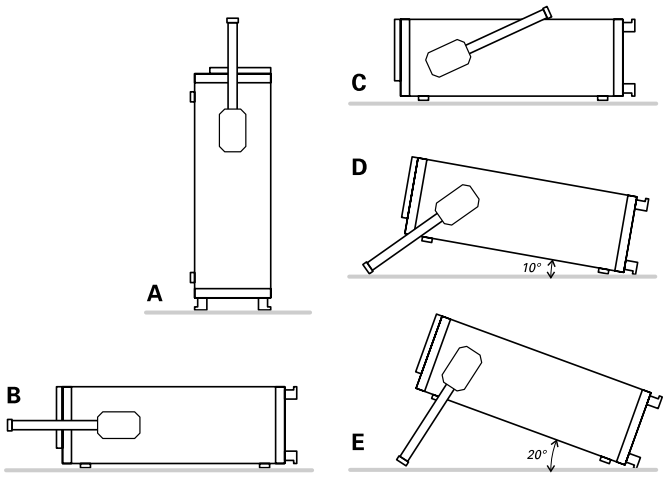
Bedienungsanleitung beachten

Hochspannung

Erde

Aufstellung des Gerätes

Für die optimale Betrachtung des Bildschirmes kann das Gerät in drei verschiedenen Positionen aufgestellt werden (siehe Bilder C, D, E). Wird das Gerät nach dem Tragen senkrecht aufgesetzt, bleibt der Griff automatisch in der Tragestellung stehen, siehe Abb. A.



Will man das Gerät waagerecht auf eine Fläche stellen, wird der Griff einfach auf die obere Seite des Oszilloskops gelegt (Abb. C). Wird eine Lage entsprechend Abb. D gewünscht (10° Neigung), ist der Griff, ausgehend von der Tragestellung A, in Richtung Unterkante zu schwenken, bis er automatisch einrastet. Wird für die Betrachtung eine noch höhere Lage des Bildschirmes erforderlich, zieht man den Griff wieder aus der Raststellung und drückt ihn weiter nach hinten, bis er abermals einrastet (Abb. E mit 20° Neigung). Der Griff läßt sich auch in eine Position für waagerechtes Tragen bringen. Hierfür muß man diesen in Richtung Oberseite schwenken und, wie aus Abb. B ersichtlich, ungefähr in der Mitte schräg nach oben ziehend einrasten. Dabei muß das Gerät gleichzeitig angehoben werden, da sonst der Griff sofort wieder ausrastet.

Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, gebaut und geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 1010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muß der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung enthalten sind. Gehäuse, Chassis und alle Meßanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden. Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I. Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200V Gleichspannung geprüft. Durch Verbindung mit anderen Netzanschlußgeräten können u.U. netzfrequente Brummspannungen im Meßkreis auftreten. Dies ist bei Benutzung eines Schutz-Trenntransformators der Schutzklasse II leicht zu vermeiden. Das Oszilloskop darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Der Netzstecker muß eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig.

Die meisten Elektronenröhren generieren γ-Strahlen. Bei diesem Gerät bleibt die Ionendosisleistung weit unter dem gesetzlich zulässigen Wert von 36 pA/kg.

Wenn anzunehmen ist, daß ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern. Diese Annahme ist berechtigt,

- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn das Gerät lose Teile enthält,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entsprach).

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Achtung!
Das Meßgerät ist nur zum Gebrauch durch Personen bestimmt, die mit den beim Messen elektrischer Größen verbundenen Gefahren vertraut sind.

Das Oszilloskop ist für den Betrieb in folgenden Bereichen bestimmt: Industrie-, Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe.

Aus Sicherheitsgründen darf das Oszilloskop nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Der Netzstecker muß eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden.

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich während des Betriebs reicht von 0°C... +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen -40°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, muß das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird.

Das Oszilloskop ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden.

Die Betriebslage ist beliebig. Eine ausreichende Luftzirkulation (Konvektionskühlung) ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel) zu bevorzugen.

Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden!

Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Anwärmzeit von min. 20 Minuten und bei einer Umgebungstemperatur zwischen 15°C und 30°C. Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

Garantie

Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen Qualitätstest mit 10-stündigem ,,burn-in". Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast jeder Frühausfall erkannt. Dem folgt ein 100% Test jedes Gerätes, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden.

Dennoch ist es möglich, daß ein Bauteil erst nach längerer Betriebsdauer ausfällt. Daher wird auf alle Geräte eine Funktionsgarantie von 2 Jahren gewährt. Voraussetzung ist, daß im Gerät keine Veränderungen vorgenommen wurden. Für Versendungen per Post, Bahn oder Spedition darf nur die Originalverpackung verwendet werden. Transport- oder sonstige Schäden, verursacht durch grobe Fahrlässigkeit, werden von der Garantie nicht erfaßt. Bei einer Beanstandung sollte man am Gehäuse des Gerätes eine stichwortartige Fehlerbeschreibung anbringen. Wenn dabei gleich der Name und die Telefon-Nr. (Vorwahl und Ruf- bzw. Durchwahl-Nr. oder Abteilungsbezeichnung) für evtl. Rückfragen angegeben wird, dient dies einer beschleunigten Abwicklung.

Wartung

Verschiedene wichtige Eigenschaften des Oszilloskops sollten in gewissen Zeitabständen sorgfältig überprüft werden. Nur so besteht eine weitgehende Sicherheit, daß alle Signale mit der den technischen Daten zugrundeliegenden Exaktheit dargestellt werden. Sehr empfehlenswert ist ein **SCOPE-TESTER HZ60**, der trotz seines niedrigen Preises Aufgaben dieser Art hervorragend erfüllt.

Die Außenseite des Oszilloskops sollte regelmäßig mit einem Staubpinsel gereinigt werden. Hartnäckiger Schmutz an Gehäuse und Griff, den Kunststoff- und Aluminiumteilen läßt sich mit einem angefeuchteten Tuch (Wasser +1% Entspannungsmittel) entfernen. Bei fettigem Schmutz kann Brennspiritus oder Waschbenzin (Petroleumäther) benutzt werden. Die Sichtscheibe darf nur mit Wasser oder Waschbenzin (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gereinigt werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fuselfreien Tuch nachzureiben. Nach der Reinigung sollte sie mit einer handelsüblichen antistatischen Lösung, geeignet für Kunststoffe, behandelt werden. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

Schutzschaltung

Dieses Gerät ist mit einem Schaltnetzteil ausgerüstet, welches über Überstrom- und Überspannungs-Schutzschaltungen verfügt. Im Fehlerfall kann ein sich periodisch wiederholendes tickendes Geräusch hörbar sein.

Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit Netzwechselspannungen von 100V bis 240V. Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen.

Die Netzeingangssicherungen sind von außen zugänglich. Netzstecker-Buchse und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Der Sicherungshalter befindet sich über der 3poligen Netzstecker-Buchse.

Ein Auswechseln der Sicherungen darf und kann (bei unbeschädigtem Sicherungshalter) nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Mit einem geeigneten Schraubenzieher (Klingenbreite ca. 2mm) werden die an der linken und rechten Seite des Sicherungshalters befindlichen Kunststoffarretierungen nach Innen gedrückt. Der Ansatzpunkt ist am Gehäuse mit zwei schrägen Führungen markiert. Beim Entriegeln wird der Sicherungshalter durch Druckfedern nach außen gedrückt und kann entnommen werden. Jede Sicherung kann dann entnommen und ebenso ersetzt werden.

Es ist darauf zu achten, daß die zur Seite herausstehenden Kontaktfedern nicht verbogen werden. Das Einsetzen des Sicherungshalters ist nur möglich, wenn der Führungssteg zur Buchse zeigt. Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis beide Kunstoffarretierungen einrasten. Die Verwendung ,,geflickter" Sicherungen oder das Kurzschließen des Sicherungshalters ist unzulässig. Dadurch entstehende Schäden fallen nicht unter die Garantieleistungen.

Sicherungstype:
Größe 5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127, Bl. III; DIN 41 662
(evtl. DIN 41 571, Bl. 3).
Abschaltung: träge (T) 0,8A.

ACHTUNG!
Im Inneren des Gerätes befindet sich im Bereich des Schaltnetzteiles eine Sicherung:

Größe 5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127, Bl. III; DIN 41 662
(evtl. DIN 41 571, Bl. 3).
Abschaltung: flink (F) 0,8A.

Diese Sicherung darf nicht vom Anwender ersetzt werden.

Art der Signalspannung

Das Oszilloskop **HM407-2** erfaßt praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten (Wechselspannungen) mit Frequenzen bis mindestens 40 MHz (-3dB) und Gleichspannungen.

Der Vertikalverstärker ist so ausgelegt, daß die Übertragungsgüte nicht durch eigenes Überschwingen beeinflußt wird.

Die Darstellung einfacher elektrischer Vorgänge, wie sinusförmige HF- und NF-Signale oder netzfrequente Brummspannungen, ist in jeder Hinsicht problemlos. Beim Messen ist ein ab ca. 14MHz zunehmender Meßfehler zu berücksichtigen, der durch Verstärkungsabfall bedingt ist. Bei ca. 26MHz beträgt der Abfall etwa 10%, der tatsächliche Spannungswert ist dann ca. 11% größer als der angezeigte Wert. Wegen der differierenden Bandbreiten der Vertikalverstärker (-3dB zwischen 40MHz und 42MHz) ist der Meßfehler nicht so exakt definierbar. Bei der Aufzeichnung rechteck- oder impulsartiger Signalspannungen ist zu beachten, daß auch deren Oberwellenanteile übertragen werden müssen. Die Folgefrequenz des Signals muß deshalb wesentlich kleiner sein als die obere Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers. Bei der Auswertung solcher Signale ist dieser Sachverhalt zu berücksichtigen.

Schwieriger ist das Oszilloskopieren von Signalgemischen, besonders dann, wenn darin keine mit der Folgefrequenz ständig wiederkehrenden höheren Pegelwerte enthalten sind, auf die getriggert werden kann. Dies ist z.B. bei Burst-Signalen der Fall. Um auch dann ein gut getriggertes Bild zu erhalten, ist u.U. eine Veränderung der HOLD OFF- Zeit erforderlich.

Fernseh-Video-Signale (FBAS-Signale) sind mit Hilfe des aktiven TV-Sync-Separators leicht triggerbar.

Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch. Beispielsweise wird bei ca. 40MHz und der kürzesten einstellbaren Ablenkzeit (10ns/cm) alle 2,5cm ein Kurvenzug geschrieben.

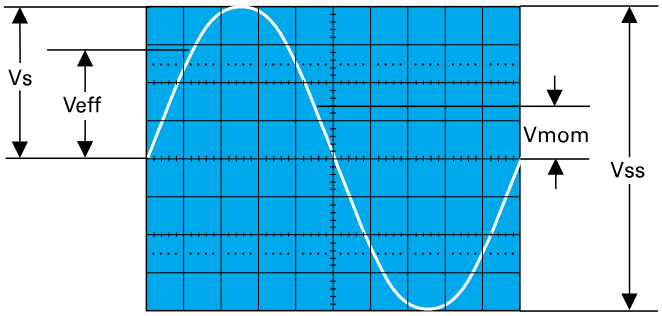
Für den wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker hat jeder Vertikalverstärker-Eingang eine AC/DC-Taste (DC = direct current; AC = alternating current). Mit Gleichstromkopplung DC sollte nur bei vorgeschaltetem Tastteiler oder bei sehr niedrigen Frequenzen gearbeitet werden bzw. wenn die Erfassung des Gleichspannungsanteils der Signalspannung unbedingt erforderlich ist.

Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei AC-Kopplung (Wechselstrom) des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen auftreten (AC-Grenzfrequenz ca. 1,6Hz für 3dB). In diesem Falle ist, wenn die Signalspannung nicht mit einem hohen Gleichspannungspegel überlagert ist, die DC-Kopplung vorzuziehen. Andernfalls muß vor den Eingang des auf DC-Kopplung geschalteten Meßverstärkers ein entsprechend großer Kondensator geschaltet werden. Dieser muß eine genügend große Spannungsfestigkeit besitzen. DC-Kopplung ist auch für die Darstellung von Logik- und Impulssignalen zu empfehlen, besonders dann, wenn sich dabei das Tastverhältnis ständig ändert. Andernfalls wird sich das Bild bei jeder Änderung auf- oder abwärts bewegen. Reine Gleichspannungen können nur mit DC-Kopplung gemessen werden. Die mit der AC/DC -Taste gewählte Eingangskopplung wird mit dem READOUT (Schirmbild) angezeigt. Das = -Symbol zeigt DC-Kopplung an, während AC-Kopplung mit dem ~ -Symbol angezeigt wird (siehe "Bedienelemente und Readout").

Größe der Signalspannung

In der allgemeinen Elektrotechnik bezieht man sich bei Wechselspannungsangaben in der Regel auf den Effektivwert. Für Signalgrößen und Spannungsbezeichnungen in der Oszilloskopie wird jedoch der Vss-Wert (Volt-Spitze-Spitze) verwendet. Letzterer entspricht den wirklichen Potentialverhältnissen zwischen dem positivsten und negativsten Punkt einer Spannung.

Will man eine auf dem Oszilloskopschirm aufgezeichnete sinusförmige Größe auf ihren Effektivwert umrechnen, muß der sich in Vss ergebende Wert durch 2 x √2 = 2,83 dividiert werden. Umgekehrt ist zu beachten, daß in Veff angegebene sinusförmige Spannungen den 2,83fachen Potentialunterschied in Vss haben. Die Beziehungen der verschiedenen Spannungsgrößen sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Spannungswerte an einer Sinuskurve

V_{eff} = Effektivwert; Vs = einfacher Spitzenwert;
V_{ss} = Spitze-Spitze-Wert;
Vmom = Momentanwert (zeitabhängig)

Die minimal erforderliche Signalspannung am Y-Eingang für ein 1 cm hohes Bild beträgt 1mVss (±5%), wenn mit dem READOUT (Schirmbild) der Ablenkkoeffizient 1mV angezeigt wird und die Feineinstellung kalibriert ist. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die möglichen Ablenkkoeffizienten sind in mVss/cm oder Vss/cm angegeben. Die Größe der angelegten Spannung ermittelt man durch Multiplikation des eingestellten Ablenkkoeffizienten mit der abgelesenen vertikalen Bildhöhe in cm. Wird mit Tastteiler 10:1 gearbeitet, ist nochmals mit 10 zu multipilizieren.

Für Amplitudenmessungen muß sich die Feineinstellung in ihrer kalibrierten Stellung befinden. Unkalibriert kann die Ablenkempfindlichkeit mindestens bis zum Faktor 2,5:1 verringert werden (siehe "Bedienelemente und Readout"). So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung des Teilerschalters eingestellt werden. Ohne Tastteiler sind damit Signale bis 400Vss darstellbar (Ablenkkoeffizient auf 20V/cm, Feineinstellung 2,5:1).

Mit den Bezeichnungen

H = Höhe in cm des Schirmbildes,
U = Spannung in Vss des Signals am Y-Eingang,
A = Ablenkkoeffizient in V/cm (VOLTS / DIV.-Anzeige)

läßt sich aus gegebenen zwei Werten die dritte Größe errechnen:

$$U = A \cdot H \qquad H = \frac{U}{A} \qquad A = \frac{U}{H}$$

Alle drei Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie müssen innerhalb folgender Grenzen liegen (Triggerschwelle, Ablesegenauigkeit):

H zwischen 0,5cm und 8cm, möglichst 3,2cm und 8cm,
U zwischen 0,5mVss und 160Vss,
A zwischen 1mV/cm und 20V/cm in 1-2-5 Teilung.

Beispiel:
Eingest. Ablenkkoeffizient A = 50mV/cm (0,05V/cm)
abgelesene Bildhöhe H = 4,6cm,
gesuchte Spannung U = 0,05x4,6 = 0,23Vss

Eingangsspannung U = 5Vss,
eingestellter Ablenkkoeffizient A = 1V/cm,
gesuchte Bildhöhe H = 5:1 = 5cm

Signalspannung U = 230Veff x 2x√2 = 651Vss
(Spannung >160Vss, mit Tastteiler 10:1 U = 65,1Vss),
gewünschte Bildhöhe H = mind. 3,2cm, max. 8cm,
maximaler Ablenkkoeffizient A = 65,1:3,2 = 20,3V/cm,
minimaler Ablenkkoeffizient A = 65,1:8 = 8,1V/cm,
einzustellender Ablenkkoeffizient A = 10V/cm

Die vorherigen Beispiele beziehen sich auf die Ablesung mittels des Innenrasters der Strahlröhre, können aber wesentlich einfacher mit den auf ΔV -Messung geschalteten Cursoren ermittelt werden (siehe "Bedienelemente und Readout").

Die Spannung am Y-Eingang darf 400V (unabhängig von der Polarität) nicht überschreiten.

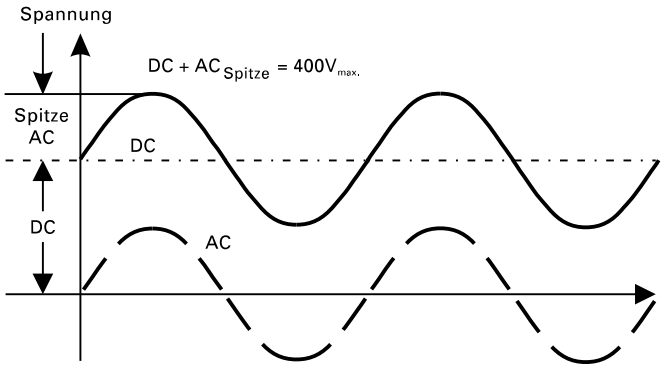
Ist das zu messende Signal eine Wechselspannung, die einer Gleichspannung überlagert ist (Mischspannung), beträgt der höchstzulässige Gesamtwert beider Spannungen (Gleichspannung und einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) ebenfalls + bzw. -400V (siehe Abbildung). Wechselspannungen, deren Mittelwert Null ist, dürfen maximal 800Vss betragen.

Beim Messen mit Tastteilern sind deren höhere Grenzwerte nur dann maßgebend, wenn DC-Eingangskopplung am Oszilloskop vorliegt.

Liegt eine Gleichspannung am Eingang an und ist die Eingangskopplung auf AC geschaltet, gilt der niedrigere Grenzwert des Oszilloskopeingangs (400V). Der aus dem Widerstand im Tastkopf und dem 1MΩ Eingangswiderstand des Oszilloskops bestehende Spannungsteiler ist, durch den bei AC-Kopplung dazwischen geschalteten Eingangs-Kopplungskondensator, für Gleichspannungen unwirksam. Gleichzeitig wird dann der Kondensator mit der ungeteilten Gleichspannung belastet. Bei Mischspannungen ist zu berücksichtigen, daß bei AC-Kopplung deren Gleichspannungsanteil ebenfalls nicht geteilt wird, während der Wechselspannungsanteil einer frequenzabhängigen Teilung unterliegt, die durch den kapazitiven Widerstand des Koppelkondensators bedingt ist. Bei Frequenzen über 40Hz kann vom Teilungsverhältnis des Tastteilers ausgegangen werden.

Unter Berücksichtigung der zuvor erläuterten Bedingungen, können mit HAMEG 10:1 Tastteilern Gleichspannungen bis 600V bzw. Wechselspannungen (mit Mittelwert Null) bis 1200Vss gemessen werden. Mit Spezialtastteilern 100:1 (z.B. HZ53) lassen sich Gleichspannungen bis 1200V bzw. Wechselspannungen (mit Mittelwert Null) bis 2400Vss messen. Allerdings verringert sich dieser Wert bei höheren Frequenzen (siehe technische Daten HZ53). Mit einem normalen Tastteiler 10:1 riskiert man bei so hohen Spannungen, daß der den Teiler-Längswiderstand überbrückende C-Trimmer durchschlägt, wodurch der Y-Eingang des Oszilloskops beschädigt werden kann.

Soll jedoch z.B. nur die Restwelligkeit einer Hochspannung oszilloskopiert werden, genügt auch der 10:1-Tastteiler. Diesem ist dann noch ein entsprechend hochspannungsfester Kondensator (etwa 22-68 nF) vorzuschalten.
Mit der auf GD geschalteten Eingangskopplung und dem Y-POS.-Einsteller kann vor der Messung eine horizontale Rasterlinie als Referenzlinie für Massepotential eingestellt werden. Sie kann beliebig zur horizontalen Mittellinie eingestellt werden, je nachdem, ob positive und/oder negative Abweichungen vom Massepotential zahlenmäßig erfaßt werden sollen.



Gesamtwert der Eingangsspannung

Die gestrichelte Kurve zeigt eine Wechselspannung, die um 0 Volt schwankt. Ist diese Spannung einer Gleichspannung überlagert (DC), so ergibt die Addition der positiven Spitze zur Gleichspannung die maximal auftretende Spannung (DC + AC Spitze).

Zeitwerte der Signalspannung

In der Regel handelt es sich in der Oszilloskopie um zeitlich wiederkehrende Spannungsverläufe, im folgenden Perioden genannt. Die Zahl der Perioden pro Sekunde ist die Folgefrequenz. Abhängig von der Zeitbasis-Einstellung (TIME/DIV.) können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden.

Die Zeitkoeffizienten werden mit dem READOUT (Schirmbild) angezeigt und in ms/cm, µs/cm und ns/cm angegeben.

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf die Ablesung mittels des Innenrasters der Strahlröhre, können aber wesentlich einfacher mit den auf ΔT- bzw. 1/ΔT- (Frequenz) Messung geschalteten Cursoren ermittelt werden (siehe "Bedienelemente und Readout").

Die Dauer einer Signalperiode, bzw. eines Teils davon, ermittelt man durch Multiplikation des betreffenden Zeitabschnitts (Horizontalabstand in cm) mit dem eingestellten Zeitkoeffizienten. Dabei muß die Zeit-Feineinstellung kalibriert sein. Unkalibriert kann die Zeitablenkgeschwindigkeit mindestens um den Faktor 2,5:1 verringert werden. So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung der Zeit-Ablenkkoeffizienten eingestellt werden.

Mit den Bezeichnungen
L = Länge in cm einer Periode (Welle) auf dem Schirmbild,
T = Zeit in s für eine Periode,
F = Folgefrequenz in Hz,
Z = Zeitkoeffizient in s/cm (TIME / DIV.-Anzeige)

und der Beziehung F = 1/T lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

$$T = L \cdot Z \qquad L = \frac{T}{Z} \qquad Z = \frac{T}{L}$$

$$F = \frac{1}{L \cdot Z} \qquad L = \frac{1}{F \cdot Z} \qquad Z = \frac{1}{L \cdot F}$$

Alle vier Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie sollten innerhalb folgender Grenzen liegen:

L zwischen 0,2 und 10cm, möglichst 4 bis 10cm,
T zwischen 10ns und 5s,
F zwischen 0,5Hz und 40MHz,
Z zwischen 100ns/cm und 500ms/cm in 1-2-5 Teilung (ohne X-Dehnung x10), und
Z zwischen 10ns/cm und 50ms/cm in 1-2-5 Teilung (bei X-Dehnung x10).

Beispiele:

Länge eines Wellenzugs (einer Periode) L = 7cm,
eingestellter Zeitkoeffizient Z = 0,1µs/cm,
gesuchte Periodenzeit T = $7x0,1x10^{-6}$ = 0,7µs
gesuchte Folgefrequenz F = $1:(0,7x10^{-6})$ = 1,428MHz.

Zeit einer Signalperiode T = 1s,
eingestellter Zeitkoeffizient Z = 0,2s/cm,
gesuchte Länge L = 1:0,2 = 5cm.

Länge eines Brummspannung-Wellenzugs L = 1cm,
eingestellter Zeitkoeffizient Z = 10ms/cm,
gesuchte Brummfrequenz F = $1:(1x10x10^{-3})$ = 100Hz.

TV-Zeilenfrequenz F = 15 625Hz,
eingestellter Zeitkoeffizient Z = 10µs/cm,
gesuchte Länge L = $1:(15\ 625x10^{-5})$ = 6,4cm.

Länge einer Sinuswelle L = min. 4cm, max. 10cm,
Frequenz F = 1kHz,
max. Zeitkoeffizient Z = $1:(4x10^{3})$ = 0,25ms/cm,
min. Zeitkoeffizient Z = $1:(10x10^{3})$ = 0,1ms/cm,
einzustellender Zeitkoeffizient Z = 0,2ms/cm,
dargestellte Länge L = $1:(10^{3} \times 0,2x10^{-3})$ = 5cm.

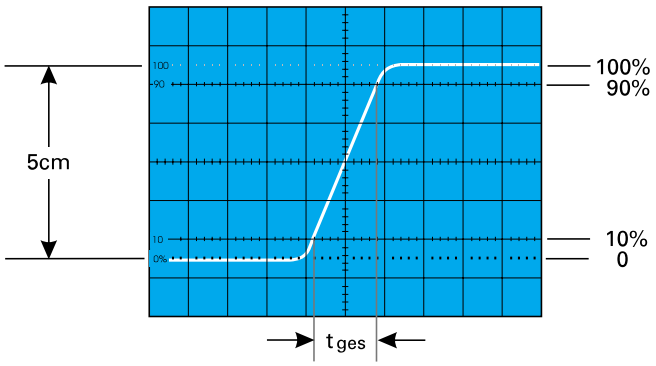
Länge eines HF-Wellenzugs L = 1cm,
eingestellter Zeitkoeffizient Z = 0,5µs/cm,
gedrückte Dehnungstaste X-MAG. (x 10) : Z = 50ns/cm,
gesuchte Signalfreq. F = $1:(1x50x10^{-9})$ = 20MHz,
gesuchte Periodenzeit T = $1:(20x10^{6})$ = 50ns.

Ist der zu messende Zeitabschnitt im Verhältnis zur vollen Signalperiode relativ klein, sollte man mit gedehntem Zeitmaßstab (X-MAG. x10) arbeiten. Durch Drehen des X-POS.-Knopfes kann der interessierende Zeitabschnitt in die Mitte des Bildschirms geschoben werden.

Das Systemverhalten einer Impulsspannung wird durch deren Anstiegszeit bestimmt. Impuls-Anstiegs-/Abfallzeiten werden zwischen dem 10%- und 90%-Wert ihrer vollen Amplitude gemessen.

Messung:

- Die Flanke des betr. Impulses wird exakt auf 5cm Schreibhöhe eingestellt (durch Y-Teiler und dessen Feineinstellung.)
- Die Flanke wird symmetrisch zur X- und Y-Mittellinie positioniert (mit X- und Y-Pos. Einsteller).
- Die Schnittpunkte der Signalflanke mit den 10%- bzw. 90%-Linien jeweils auf die horizontale Mittellinie loten und deren zeitlichen Abstand auswerten (T=LxZ,).
- Die optimale vertikale Bildlage und der Meßbereich für die Anstiegszeit sind in der folgenden Abbildung dargestellt.



Bei einem eingestellten Zeitkoeffizienten von 10ns/cm ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{ges} = 1,6cm \times 10ns/cm = 16ns$$

Bei sehr kurzen Zeiten ist die Anstiegszeit des Oszilloskop-Vertikalverstärkers und des evtl. benutzten Tastteilers geometrisch vom gemessenen Zeitwert abzuziehen. Die Anstiegszeit des Signals ist dann

$$t_a = \sqrt{t_{ges}^{\ 2} - t_{osc}^{\ 2} - t_t^{\ 2}}$$

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit, t_{osz} die vom Oszilloskop (beim HM407 ca. 8,75ns) und t_t die des Tastteilers, z.B. = 2ns. Ist t_{ges} größer als 100ns, kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler <1%).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

$$t_a = \sqrt{16^2 - 8,75^2 - 2^2} = \mathbf{13,25ns}$$

Die Messung der Anstiegs- oder Abfallzeit ist natürlich nicht auf die oben im Bild gezeigte Bild-Einstellung begrenzt. Sie ist so nur besonders einfach. Prinzipiell kann in jeder Bildlage und bei beliebiger Signalamplitude gemessen werden. Wichtig ist nur, daß die interessierende Signalflanke in voller Länge, bei nicht zu großer Steilheit, sichtbar ist und daß der Horizontalabstand bei 10% und 90% der Amplitude gemessen wird. Zeigt die Flanke Vor- oder Überschwingen, darf man die 100% nicht auf die Spitzenwerte beziehen, sondern auf die mittleren Dachhöhen. Ebenso werden Einbrüche oder Spitzen (glitches) neben der Flanke nicht berücksichtigt. Bei sehr starken Einschwingverzerrungen verliert die Anstiegs- oder Abfallzeitmessung allerdings ihren Sinn. Für Verstärker mit annähernd konstanter Gruppenlaufzeit (also gutem Impulsverhalten) gilt folgende Zahlenwert-Gleichung zwischen Anstiegszeit ta (in ns) und Bandbreite B (in MHz):

$$t_a = \frac{350}{B} \qquad B = \frac{350}{t_a}$$

Anlegen der Signalspannung

Ein kurzes Drücken der AUTOSET-Taste genügt, um automatisch eine sinnvolle, signalbezogene Geräteeinstellung zu erhalten (siehe "AUTOSET"). Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf spezielle Anwendungen, die eine manuelle Bedienung erfordern. Die Funktion der Bedienelemente wird im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" beschrieben.

Vorsicht beim Anlegen unbekannter Signale an den Vertikaleingang!

Es wird empfohlen, möglichst immer mit Tastteiler zu messen! Ohne vorgeschalteten Tastteiler sollte als Signalkopplung zunächst immer AC und als Ablenkkoeffizient 20V/cm eingestellt sein. Ist die Strahllinie nach dem Anlegen der Signal-

spannung plötzlich nicht mehr sichtbar, kann es sein, daß die Signalamplitude viel zu groß ist und den Vertikalverstärker total übersteuert. Dann ist der Ablenkkoeffizient zu erhöhen (niedrigere Empfindlichkeit), bis die vertikale Auslenkung nur noch 3-8cm hoch ist. Bei kalibrierter Amplitudenmessung und mehr als 160 V_{ss} großer Signalamplitude ist unbedingt ein Tastteiler vorzuschalten. Ist die Periodendauer des Meßsignals wesentlich länger als der eingestellte Zeit-Ablenkkoeffizient, verdunkelt sich der Strahl. Dann sollte der Zeit-Ablenkkoeffizient vergrößert werden.

Die Zuführung des aufzuzeichnenden Signals an den Y-Eingang des Oszilloskops ist mit einem abgeschirmten Meßkabel, wie z.B. HZ32 und HZ34 direkt, oder über einen Tastteiler 10:1 geteilt möglich. Die Verwendung der genannten Meßkabel an hochohmigen Meßobjekten ist jedoch nur dann empfehlenswert, wenn mit relativ niedrigen, sinusförmigen Frequenzen (bis etwa 50kHz) gearbeitet wird. Für höhere Frequenzen muß die Meß-Spannungsquelle niederohmig, d.h. an den Kabel-Wellenwiderstand (in der Regel 50Ω) angepaßt sein.

Besonders bei der Übertragung von Rechteck- und Impulssignalen ist das Kabel unmittelbar am Y-Eingang des Oszilloskops mit einem Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand abzuschließen. Bei Benutzung eines 50Ω-Kabels, wie z.B. HZ34, ist hierfür von **HAMEG** der 50Ω-Durchgangsabschluß HZ22 erhältlich. Vor allem bei der Übertragung von Rechtecksignalen mit kurzer Anstiegszeit werden ohne Abschluß an den Flanken und Dächern störende Einschwingverzerrungen sichtbar. Auch höherfrequente (>100kHz) Sinussignale dürfen generell nur impedanzrichtig abgeschlossen gemessen werden. Im allgemeinen halten Verstärker, Generatoren oder ihre Abschwächer die Nenn-Ausgangsspannung nur dann frequenzunabhängig ein, wenn ihre Anschlußkabel mit dem vorgeschriebenen Widerstand abgeschlossen wurden.

Dabei ist zu beachten, daß man den Abschlußwiderstand HZ22 nur mit max. 2Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit 10Veff oder - bei Sinussignal - mit 28,3V_{ss} erreicht.

Wird ein Tastteiler 10:1 oder 100:1 verwendet, ist kein Abschluß erforderlich. In diesem Fall ist das Anschlußkabel direkt an den hochohmigen Eingang des Oszilloskops angepaßt. Mit Tastteiler werden auch hochohmige Spannungsquellen nur geringfügig belastet (ca. 10MΩ II 12pF bzw. 100MΩ II 5pF bei HZ53). Deshalb sollte, wenn der durch den Tastteiler auftretende Spannungsverlust durch eine höhere Empfindlichkeitseinstellung wieder ausgeglichen werden kann, nie ohne diesen gearbeitet werden. Außerdem stellt die Längsimpedanz des Teilers auch einen gewissen Schutz für den Eingang des Vertikalverstärkers dar. Infolge der getrennten Fertigung sind alle Tastteiler nur vorabgeglichen; daher muß ein genauer Abgleich am Oszilloskop vorgenommen werden (siehe ,,Tastkopf-Abgleich").

Standard-Tastteiler am Oszilloskop verringern mehr oder weniger dessen Bandbreite; sie erhöhen die Anstiegszeit. In allen Fällen, bei denen die Oszilloskop-Bandbreite voll genutzt werden muß (z.B. für Impulse mit steilen Flanken), raten wir dringend dazu, die Tastköpfe HZ51 (10:1), HZ52 (10:1 HF) und HZ54 (1:1 und 10:1) zu benutzen. Das erspart u.U. die Anschaffung eines Oszilloskops mit größerer Bandbreite. Die genannten Tastköpfe haben zusätzlich zur niederfrequenten Kompensationseinstellung einen HF-Abgleich. Damit ist mit Hilfe eines auf 1MHz umschaltbaren Kalibrators, z.B. HZ60, eine Gruppenlaufzeitkorrektur an der oberen Grenzfrequenz des Oszilloskops möglich. Tatsächlich werden mit diesen Tastkopf-Typen Bandbreite und Anstiegszeit des Oszilloskops kaum merklich geändert und die Wiedergabe-Treue der Signalform u.U. sogar noch verbessert. Auf diese Weise könnten spezifische Mängel im Impuls-Übertragungsverhalten nachträglich korrigiert werden.

Wenn ein Tastteiler 10:1 oder 100:1 verwendet wird, muß bei Gleichspannungen über 400V immer DC-Eingangskopplung benutzt werden.

Bei AC-Kopplung tieffrequenter Signale ist die Teilung nicht mehr frequenzunabhängig. Impulse können Dachschräge zeigen, Gleichspannungen werden unterdrückt - belasten aber den betreffenden Oszilloskop-Eingangskopplungskondensator. Dessen Spannungsfestigkeit ist max. 400V (DC + Spitze AC). Ganz besonders wichtig ist deshalb die DC-Eingangskopplung bei einem Tastteiler 100:1, der meist eine zulässige Spannungsfestigkeit von max. 1200V (DC + Spitze AC) hat.

Zur Unterdrückung störender Gleichspannung darf aber ein Kondensator entsprechender Kapazität und Spannungsfestigkeit vor den Tastteiler geschaltet werden (z.B. zur Brummspannungsmessung).

Bei allen Tastteilern ist die zulässige Eingangswechselspannung oberhalb von 20kHz frequenzabhängig begrenzt. Deshalb muß die ,,Derating Curve" des betreffenden Tastteilertyps beachtet werden.

Wichtig für die Aufzeichnung kleiner Signalspannungen ist die Wahl des Massepunktes am Prüfobjekt. Er soll möglichst immer nahe dem Meßpunkt liegen. Andernfalls können evtl. vorhandene Ströme durch Masseleitungen oder Chassisteile das Meßergebnis stark verfälschen. Besonders kritisch sind auch die Massekabel von Tastteilern. Sie sollen so kurz und dick wie möglich sein.

Beim Anschluß des Tastteiler-Kopfes an eine BNC-Buchse sollte ein BNC-Adapter benutzt werden. Damit werden Masse- und Anpassungsprobleme eliminiert.

Das Auftreten merklicher Brumm- oder Störspannungen im Meßkreis (speziell bei einem kleinen Y-Ablenkkoeffizienten) wird möglicherweise durch Mehrfach-Erdung verursacht, weil dadurch Ausgleichströme in den Abschirmungen der Meßkabel fließen können (Spannungsabfall zwischen den Schutzleiterverbindungen, verursacht von angeschlossenen fremden Netzgeräten, z.B. Signalgeneratoren mit Störschutzkondensatoren).

Bedienelemente und Readout

Die folgenden Beschreibungen setzen voraus, daß die Betriebsart "KOMPONENTEN- TEST" abgeschaltet ist.

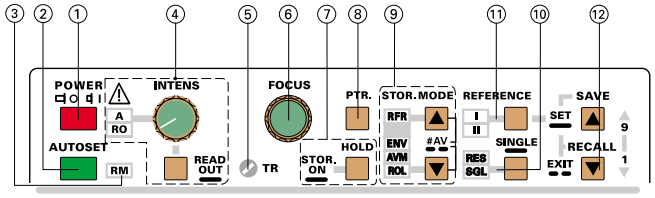
Bei eingeschaltetem Oszilloskop werden alle wichtigen Meßparameter-Einstellungen im Schirmbild angezeigt (Readout).

Die auf der großen Frontplatte befindlichen Leuchtdiodenanzeigen erleichtern die Bedienung und geben zusätzliche Informationen. Endstellungen von Drehbereichen werden durch ein akustisches Signal signalisiert.

Bis auf die Netztaste (POWER), die Kalibratorfrequenz-Taste (CAL. 1kHz/1MHz), den FOCUS-Einsteller und den Strahldrehungs-Einsteller (TR), werden alle anderen Bedienelemente elektronisch abgefragt. Alle elektronisch erfaßten Bedienfunktionen und ihre aktuellen Einstellungen können daher gespeichert bzw. gesteuert werden. Einige Bedienelemente sind nur im Digital-Betrieb wirksam oder haben dann eine andere Wirkung. Erläuterungen dazu sind mit dem Hinweis „Nur im Digital-Betrieb" gekennzeichnet.

Die große Frontplatte ist, wie bei allen HAMEG-Oszilloskopen üblich, in Felder aufgeteilt.

Oben rechts neben dem Bildschirm befinden sich, oberhalb der horizontalen Linie, folgende Bedienelemente und Leuchtdiodenanzeigen:



(1) **POWER** - Netz-Tastenschalter mit Symbolen für Ein- (I) und Aus-Stellung (O).

Wird das Oszilloskop eingeschaltet, leuchten zunächst alle LED-Anzeigen auf und es erfolgt ein automatischer Test des Gerätes. Während dieser Zeit werden das HAMEG- Logo und die Softwareversion auf dem Bildschirm sichtbar. Wenn alle Testroutinen erfolgreich beendet wurden, geht das Oszilloskop in den Normalbetrieb über und das Logo ist nicht mehr sichtbar. Im Normalbetrieb werden dann die vor dem Ausschalten gespeicherten Einstellungen übernommen und eine der LED's zeigt den Einschaltzustand an.

(2) **AUTO SET** - Drucktaste bewirkt eine automatische, signalbezogene Geräteeinstellung (siehe "AUTO SET"). Auch wenn KOMPONENTEN TEST oder XY-Betrieb vorliegt, schaltet AUTO SET in die zuletzt benutzte Yt-Betriebsart (CH I, CH II oder DUAL).

War die letzte Yt-Betriebsart mit Search (SEA) oder DELAY (DEL) -Betrieb verknüpft, wird dies nicht berücksichtigt und auf unverzögerten Zeitbasisbetrieb geschaltet.

Siehe auch „AUTO SET".

Automatische CURSOR-Spannungsmessung
Liegt **CURSOR**-Spannungsmessung vor und wird **AUTO SET** betätigt, stellen sich die Cursorlinien automatisch auf den positiven und negativen Scheitelwert des Signals. Die Genauigkeit dieser Funktion nimmt mit zunehmender Signalfrequenz ab und wird auch durch das Tastverhältnis des Signals beeinflußt.

Bei **DUAL**-Betrieb beziehen sich die Cursorlinien auf das Signal, welches zur internen Triggerung benutzt wird. Ist die Signalspannung zu gering, ändern sich die Position der Cursorlinien nicht.

Nur im Digital-Betrieb.
Mit AUTO SET wird zusätzlich automatisch auf die Erfassungsart **Refresh (RFR)** geschaltet, wenn **SINGLE (SGL)**- oder **ROLL (ROL)**-Betrieb vorliegen.

Automatische CURSOR-Messung
Im Gegensatz zum Analogbetrieb ist die automatische **CURSOR**-Messung auch wirksam, wenn die **CURSOR** auf Zeit- bzw. Frequenzmessung geschaltet sind. Wird die **AUTO SET**- Taste betätigt und mindestens eine vollständige Signalperiode angezeigt, erfolgt die **CURSOR**- Linieneinstellung automatisch. Bei **CURSOR**- Spannungsmessung ist die Positioniergenauigkeit unabhängig von der Signalfrequenz bzw. dem Tastverhältnis.

(3) **RM** - Fernbedienung- (= remote control) LED leuchtet, wenn das Gerät über die RS232-Schnittstelle auf Fernbedienungs-Betrieb geschaltet wurde. Dann ist das Oszilloskop mit den elektronisch abgefragten Bedienelementen nicht mehr bedienbar. Dieser Zustand kann durch Drücken der AUTO SET-Taste aufgehoben werden, wenn diese Funktion nicht ebenfalls über die RS232-Schnittstelle verriegelt wurde.

Nur im Digital-Betrieb.
Findet eine Signaldatenübertragung über die RS-232 Schnittstelle statt, leuchtet die **RM** -LED; dann sind alle elektronisch abgefragten Bedienelemente des Oszilloskops abgeschaltet.

(4) **INTENS** - Drehknopf mit zugeordneter Leuchtdioden-Anzeige und darunter befindlichem Drucktaster.

Mit dem INTENS-Drehknopf läßt sich die Strahlintensität (Helligkeit) für die Signaldarstellung bzw. das Readout einstellen. Linksdrehen verringert, Rechtsdrehen vergrößert die Helligkeit.

Dem INTENS-Drehknopf sind die Leuchtdioden **„A"** für die Signaldarstellung und **„RO"** für das Readout zugeordnet. Der INTENS-Drehknopf wirkt als Strahlhelligkeitseinsteller wenn die **„A"**-LED leuchtet, bzw. als Readouthelligkeitseinsteller wenn die **„RO"**-LED leuchtet. Ist das Readout nicht abgeschaltet, kann mit einem **kurzen Tastendruck** auf den **READOUT**-Drucktaster die Funktion des **INTENS**-Knopfes umgeschaltet werden.

Mit einem **langen Tastendruck** auf den **READOUT**-Drucktaster kann das Readout ein- oder ausgeschaltet werden. Durch das Abschalten des Readout lassen sich Interferenzstörungen, wie sie beim gechoppten DUAL-Betrieb auftreten können, vermeiden. Leuchtet die „RO"-LED und wird das Readout abgeschaltet, erlischt die „RO"-LED und die „A"-LED leuchtet.

Die Strahlhelligkeit wird bei ausgeschaltetem Gerät gespeichert. Beim Wiedereinschalten des Oszilloskops liegt somit die letzte Einstellungen vor.

Mit Betätigen der AUTO SET-Taste wird die Strahlhelligkeit auf einen mittleren Wert gesetzt, wenn sie zuvor unterhalb dieses Wertes eingestellt war.

(5) **TR** - Strahldrehung (= trace rotation). Einstellung mit Schraubenzieher (siehe "Strahldrehung TR").

(6) **FOCUS** - Strahlschärfeeinstellung durch Drehknopf; wirkt gleichzeitig auf die Signaldarstellung und das Readout.

(7) **STOR. ON / HOLD** - Drucktaste mit zwei Funktionen.

STOR. ON
Mit einem **langen Tastendruck** auf diese Drucktaste wird zwischen Analog- (Yt- bzw. XY-Betrieb) und Digital (Speicher)-Betrieb umgeschaltet. Liegt CT (Komponententester- Betrieb) vor, muß diese Betriebsart erst abgeschaltet werden, so daß Yt- oder XY-Analogbetrieb vorliegt. Erst danach kann von Analog- auf Digitalbetrieb umgeschaltet werden.

Leuchtet keine der den **"STOR MODE" (9)** Drucktasten zugeordneten LED's **(RFR - ENV - AVM - ROL**) und/oder wird mit dem Readout kein PRE- oder POST-Triggerwert (**PT...%**) angezeigt, liegt Analog-Betrieb vor. Ein langer Tastendruck auf **STOR. ON** schaltet dann auf Digital-Betrieb um, ändert aber nicht die Kanal-Betriebsart (CH I, CH II, DUAL, ADD oder XY). Die Digital-Betriebsart (RFR - ENV - AVM - ROL) wird auch durch das Readout angezeigt. Eine Ausnahme ergibt sich beim XY-Digital-

Betrieb, dann leuchtet die RFR-LED und das Readout zeigt XY an.

Achtung!
Die Einstellbereiche der Zeit-Koeffizienten (Zeitbasis) sind abhängig von der Betriebsart (Analog- oder Digital (Speicher)-Betrieb. Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Darstellung ohne X-Dehnung x10.

Analogbetrieb:
Zeitbasis von 500ms/cm bis 50ns/cm (ohne Ablenkverzögerung).
Mit Ablenkverzögerung von 20ms/cm bis 50ns/cm.
Verzögerungs-Grobeinstellungsbereiche von 20ms/cm bis 100ns/cm.

Digitalbetrieb:
Zeitbasis von 100s/cm bis 200ns/cm.

Daraus resultiert beim Umschalten von Analog- auf Speicher-Betrieb bzw. umgekehrt folgendes Verhalten:

1. Ist der Zeitkoeffizient im Analogbetrieb auf 100ns/cm oder 50ns/cm eingestellt und wird auf Digital-Betrieb geschaltet, stellt sich automatisch der niedrigste Zeitkoeffizient dieser Betriebsart ein; er beträgt 200ns/cm. Wird anschließend wieder auf Analogbetrieb geschaltet, ohne daß im Digitalbetrieb eine Änderung des Zeitkoeffizienten vorgenommen wurde, ist die letzte Analog-Zeitkoeffizienteneinstellung wieder wirksam (z.B. 50ns/cm).

Anders verhält es sich, wenn der Zeitkoeffizient nach der Umschaltung von Analog- auf Digital-Betrieb geändert wurde (z.B auf 2µs/cm). Wird danach auf Analog-Betrieb zurückgeschaltet, übernimmt die Analog-Zeitbasis den Zeitkoeffizienten der Digital-Zeitbasis (z.B. 2µs/cm).

2. Liegen im Digitalbetrieb Ablenkkoeffizienten von 100s/cm bis 1s/cm vor und wird auf den Analog-Betrieb umgeschaltet, stellt sich die Analog-Zeitbasis automatisch auf 500ms/cm. Das übrige Verhalten entspricht dem zuvor Beschriebenen.

Die X-MAG x10 Einstellung bleibt unverändert, wenn von Analog- auf Digital-Betrieb bzw. umgekehrt geschaltet wird.

Nur im Digital-Betrieb:
Wird durch **langes Drücken** der **STOR. MODE** / **HOLD** - Taste auf Digital-Betrieb geschaltet, leuchtet eine der **STOR. MODE** LED's auf. Welche LED dies ist hängt davon ab, welche Digital-Betriebsart vor dem Umschalten von Digital- auf Analog-Betrieb benutzt wurde.

Ausnahme: Liegt Analog-SINGLE-Betrieb (SGL) vor und wird auf Digital-Betrieb umgeschaltet, stellt sich automatisch Digital-SINGLE-Betrieb ein.

Achtung!
Die Möglichkeiten der Ablenkverzögerung und des damit verbundenen Betriebs mit verzögerter Zeitbasis stehen im Digital-Betrieb nicht zur Verfügung.

Zusätzliche, den Digital-Betrieb betreffende Informationen, sind dem Abschnitt „Speicherbetrieb" zu entnehmen.

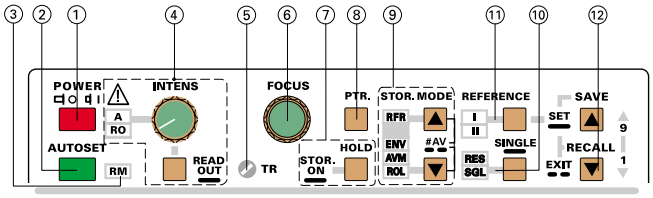
HOLD
Nur wenn Digital-Betrieb vorliegt, kann mit einem kurzen Tastendruck zwischen ein- oder ausgeschalteter **HOLD**-Funktion gewählt werden.

Wenn die Anzeige „**HLD**" (HOLD) statt der Kanalangabe(n) („**Y1**" , "**Y2**" bzw. "**X**" und "**Y**" bei XY-Betrieb) sichtbar ist, wird der aktuelle Speicher sofort vor weiterem Überschreiben geschützt. Die Tasten für die Y-Betriebsartumschaltung **CHI (21)**, **CH II (25)** und **DUAL (22)** sind dann unwirksam. Nur wenn vor dem **HOLD** Betätigen **DUAL**- oder **XY**-Betrieb vorlag, kann mit einem langen Tastendruck von **DUAL** (Yt) auf **XY**-Darstellung umgeschaltet werden bzw. mit einem kurzen Tastendruck von **XY** auf **DUAL** (Yt).

Insbesondere bei großen Zeitkoeffizienten-Einstellungen ist in den Refresh-Betriebarten (**RFR** - **ENV** - **AVM**) zu sehen, wie der alte aktuelle Speicherinhalt durch neue Daten überschrieben wird. Das Sichern mit **HOLD** innerhalb eines Signalerfassungsvorgangs kann einen Übergang (Stoßstelle) zwischen den neuen Daten (links) und den alten Daten (rechts) erkennbar machen. Dies läßt sich vermeiden, in dem man, obwohl ein repetierendes Signal aufgezeichnet wird, eine Einzelereigniserfassung (**SGL**) vornimmt. Anschließend kann mit **HOLD** verhindert werden, daß ein versehentliches Einschalten der **RESET**-Funktion ein erneutes Überschreiben bewirkt.
Das im jeweiligen aktuellen Speicher befindliche Signal läßt sich, wenn HOLD wirksam ist, mit dem zugehörigen Y-POS. Drehknopf in vertikaler Richtung verschieben (±4 cm).

Mit einer Verschiebung in vertikaler Richtung geht die originale Strahlposition verloren, kann aber wieder ermittelt werden. Dazu muß der betreffende Y-POS.-Knopf zügig gedreht werden. Ist die Originalposition erreicht, findet keine weitere vertikale Verschiebung statt, auch wenn der Knopf weiter gedreht wird. Gleichzeitig ertönt ein Signalton. Um erneut eine vertikale Verschiebung vornehmen zu können, muß das Drehen des Knopfes für ca. 2 Sekunden unterbrochen werden.

Achtung:
Die Aussteuerbereichsgrenzen des A/D-Wandlers können sichtbar werden, wenn nach dem Speichern eine Y-Positionsverschiebung vorgenommen wird. Signalteile, die sich zuvor außerhalb des vertikalen Rasters befanden, können davon betroffen sein.



(8) **PTR** - Drucktaster (bei Analog-Betrieb unwirksam) für die Wahl der Signal-Vorgeschichte (**Pre-Trigger**) bzw. -Nachgeschichte (**Post-Trigger**) bezogen auf das Triggerereignis. Wegen der Abhängigkeit von einem Triggerereignis, steht diese Funktion in den triggerunabhängigen Signalerfassungsarten **ROL** und **XY** nicht zur Verfügung.

Der aktuelle Pre- bzw. Post-Triggerwert wird durch das Readout angezeigt und ändert sich mit jedem Tastendruck. Die Sequenz lautet: **PT0% - PT25% - PT50% - PT75% - PT100% - PT-75% - PT-50% - PT-25%** - und wieder **PT0%**. Die Prozentangaben der Pre- und Post-Triggerwerte beziehen sich auf das Meßraster der Röhre (X-Richtung).

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß die X-Dehnung (X-MAG. x10) abgeschaltet ist und die Strahldarstellung am linken Meßrasterrand beginnt. Es wird außerdem vorausgesetzt, daß eine Triggerart (Quelle, Kopplung) vorliegt, in welcher der Triggerpunkt durch ein Symbol angezeigt wird. Der Begriff Triggerpunkt beinhaltet bei Digital-Betrieb den Triggerpegel und den auf das Meßraster bezogenen Triggerzeitpunkt.

Pre-Triggerung

0% Pre-Triggerung (Readout: **PT0%**) bedeutet, daß die Signaldarstellung mit dem Triggerereignis am linken Rasterrand beginnt. Daher wird dort auch das Triggerpunkt-Symbol angezeigt. Wird zusätzlich ein nach links zeigender Pfeil angezeigt, befindet sich der Triggerpunkt links vom Rasterrand (z.B. durch die X-Positionseinstellung).

25% Pre-Triggerung (Readout: **PT25%**) liegt vor, wenn ausgehend von 0% die **PTR**-Taste einmal betätigt wurde. Dann werden 25% (Trigger)-Signalvorgeschichte auf den ersten 2,5 cm der Signaldarstellung dargestellt. Entsprechend erfolgt die Anzeige des Triggerpunkt-Symbols.

Jeder weitere Tastendruck erhöht den Pre-Triggerwert und die erfaßte Vorgeschichte um 25%, bis der Pre-Triggerwert 100% erreicht wurde. Die Anzeige im Readout und das Triggerpunkt-Symbol zeigen die Einstellung an. Wird zusätzlich ein nach rechts zeigender Pfeil angezeigt, ist der Triggerpunkt nach rechts verschoben (X-Positionseinstellung).

Die Zeitdauer der Vorgeschichte wird durch Multiplizieren des Zeitablenkkoeffizienten mit dem in Zentimetern (Division) angegebenen Pre-Triggerwert ermittelt (z.B. 20ms/cm x 7,5 (75% Pre-Trigger) = 150ms).

Post-Triggerung

Bei Post-Triggerung befindet sich der Trigger(zeit)punkt immer links vom Rasterrand und wird deshalb immer mit dem nach links zeigenden Pfeil signalisiert. Der Trigger(zeit)punkt kann nicht mit der X-Positionsverschiebung (X-POS.) sichtbar gemacht werden. Die Anzeige zeigt in allen Post-Triggerbedingungen daher nur den Triggerpegel an. Post-Triggerbedingungen werden durch ein Minuszeichen (**-**) vor der Prozentangabe kenntlich gemacht (z.B. PT-50%).

Liegt 100% Pre-Triggerung vor und wird die **PTR**-Taste einmal gedrückt, zeigt das Readout anschließend „PT-75%“ an. Dann erfolgt die Signalerfassung mit Post-Triggerung. Der Trigger(zeit)punkt liegt dabei 75% = 7,5 cm vor dem linken Rasterrand. Nach dem Triggerereignis wird die Signalerfassung, um die sich daraus ergebende Zeitspanne verzögert, gestartet.

Jeder weitere Tastendruck schaltet auf **PT-50%** und über **PT-25%** zurück auf **PT0%**.

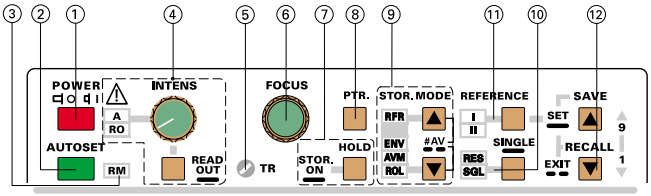
Achtung!
Pre- und Post-Triggerung werden automatisch abgeschaltet („PT0%”), wenn die Zeitbasis im REFRESH- (RFR), ENVELOPE- (ENV) und AVERAGE (AVM)-Betrieb auf Werte zwischen 100s/cm bis 50ms/cm eingestellt ist. Damit wird verhindert, daß die Aufnahmewiederholrate extrem niedrig wird.

Pre- und Post-Triggerung stehen bei Zeit-Ablenkkoeffizienten von 100s/cm bis 50ms/cm zur Verfügung, wenn Einzelereigniserfassung gewählt wird. Siehe **SINGLE** (**10**).

(9) **STOR. MODE** - Drucktasten (bei Analog-Betrieb unwirksam) mit zugeordneter LED-Skala.

Mit **kurzem Tastendruck** auf die obere oder untere **STOR. MODE** -Taste kann im Yt-Betrieb (CH I, CH II, DUAL und ADD) die gewünschte Signalerfassungsart gewählt werden.

Die folgenden Beschreibungen setzen voraus, daß die **HOLD**-Funktion (**7**) nicht eingeschaltet ist. Die Triggerbedingungen müssen im Refresh- (RFR), Envelope- (ENV) und Average- (AVM) Betrieb erfüllt werden.



(9) **RFR** - steht für Refresh-Betrieb. In dieser Betriebsart können, wie im Analog-Betrieb, sich periodisch wiederholende Signale erfaßt und dargestellt werden.

Die Signalerfassung wird durch Triggern der Digitalzeitbasis ausgelöst. Dann werden die vorher erfaßten und angezeigten aktuellen Signaldaten überschrieben. Sie werden so lange angezeigt, bis die Digital-Zeitbasis erneut getriggert wird. Demgegenüber würde der Bildschirm im Analog-Betrieb dunkel bleiben, wenn keine Triggerung der Zeitbasis erfolgt.

Beim Refresh-Betrieb kann die Signalerfassung mit Pre- und Post-Triggerung erfolgen, wenn die Zeitbasis auf Zeitkoeffizienten von 20ms/cm bis 200ns/cm geschaltet ist. Bei größeren Zeitkoeffizienten (100s/cm bis 50ms/cm) wird die Pre- bzw. Post-Triggerung automatisch abgeschaltet („PT0%“), um zu lange Wartezeiten zu vermeiden. Soll in diesem Zeitbasisbereich trotzdem mit Pre- oder Post-Triggerung gemessen werden, ist auf Einzelereigniserfassung (SINGLE (10)) zu schalten. Im XY-Digital-Betrieb leuchtet die RFR-LED auch. Sie zeigt dann an, daß eine kontinuierliche, aber triggerunabhängige Signalerfassung erfolgt. Die Triggereinrichtung ist dann abgeschaltet.

(9) **ENV** - ist die Abkürzung für ENVELOPE (Hüllkurven)-Betrieb. Dabei werden die Minimum- und Maximum-Werte des Signals mit mehreren Signalerfassungsvorgängen ermittelt und dargestellt. Bis auf die Darstellung entspricht der ENVELOPE-Betrieb dem Refresh-Betrieb. Im ENVELOPE-Betrieb (Readout: ENV) werden Änderungen des Meßsignals besser sicht- und meßbar. Das gilt sowohl für Amplituden- als auch für Frequenz-Änderungen (Jitter).

Die ENVELOPE-Erfassung wird zurückgesetzt und beginnt von vorn, wenn die SINGLE-Taste (10) kurz betätigt wird (RESET-Funktion).

Achtung:
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm werden der Pre- bzw. Post-Trigger automatisch abgeschaltet („PT0%“).

(9) **AVM** - kennzeichnet die Betriebsart Average (Durchschnitt, Mittelwert). Sie liegt vor**,** wenn die AVM-LED leuchtet und das Readout „AV...“ anzeigt.

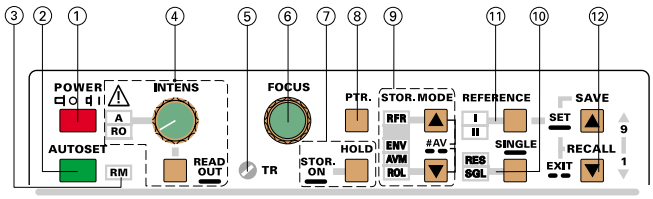
Auch in dieser Betriebsart werden mehrere Signalerfassungsvorgänge benötigt; sie entspricht somit dem Refresh-Betrieb. Aus den Signalerfassungen wird ein Mittelwert gebildet. Damit werden Amplitudenänderungen (z.B. Rauschen) und Frequenzänderungen (Jitter) in der Darstellung verringert bzw. beseitigt.

Die Genauigkeit der Mittelwertbildung ist um so größer, je höher die Zahl der Signalerfassungsvorgänge ist, aus denen der Mittelwert gebildet wird. Es kann zwischen 2 und 512 Signalerfassungen gewählt werden; die Anzeige erfolgt durch das Readout. Mit der Genauigkeit erhöht sich aber auch die dafür benötigte Zeit.

Um einen anderen Wert zu wählen, müssen beide STOR. MODE Drucktasten gleichzeitig mit einem kurzen Tastendruck betätigt werden. Dann blinkt die „AV...“-Anzeige im Readout und signalisiert damit den Einstellmodus. Anschließend kann mit kurzem Betätigen der oberen oder unteren STOR. MODE Taste der Wert verändert werden. Der Einstellmodus kann durch nochmaliges kurzes Drücken beider Tasten verlassen werden. Wird ca. 10 Sekunden lang keine der beiden Tasten betätigt, schaltet sich der Einstellmodus automatisch ab.

Die AVERAGE-Erfassung wird zurückgesetzt und beginnt von vorn, wenn die SINGLE-Taste (10) kurz betätigt wird (RESET-Funktion).

Achtung:
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm werden der Pre- bzw. Post-Trigger automatisch abgeschaltet („PT0%“).



(9) **ROL** - signalisiert den ROLL-Betrieb.

Leuchtet die ROL-LED, wird auch im Readout „ROL“ angezeigt. Dann erfolgt eine von der Triggerung unabhängige kontinuierliche Signalerfassung. Alle die Triggerung betreffenden Bedienelemente, LED`s und Readoutinformationen sind im ROL-Betrieb abgeschaltet.

Bei ROL-Betrieb wird das Ergebnis der letzten Abtastung am rechten Rand der Signaldarstellung angezeigt. Alle zuvor aufgenommenen Signaldaten werden mit jeder Abtastung um eine Adresse nach links verschoben. Dadurch geht der vorher am linken Rand angezeigte Wert verloren. Im Gegensatz zum Refresh-Betrieb erfolgt beim **ROL**-Betrieb eine kontinuierliche Signalerfassung ohne triggerbedingte Wartezeiten (Holdoff-Zeit). Die Signalerfassung kann vom Anwender jederzeit durch Betätigen der **HOLD**-Taste beendet werden.

Der im **ROL**-Betrieb mögliche **Zeitkoeffizientenbereich** ist eingeschränkt; er reicht von **100s/cm** bis **50ms/cm**. Noch kleinere Zeitkoeffizienten wie z.B. 1µs/cm sind nicht sinnvoll. Eine Beobachtung des Signals wäre dann nicht mehr möglich.

Wird auf **ROL**-Betrieb geschaltet und die Zeitbasis war zuvor auf einen Wert von 20ms/cm bis 200ns/cm eingestellt, wird die Zeitbasis automatisch auf 50ms/cm gesetzt. Die Zeitbasiseinstellung, die vor dem Umschalten auf ROL vorlag (z.B. 20ms/cm), wird intern gespeichert. Sie liegt wieder vor, wenn, ohne das am TIME/DIV.-Knopf gedreht wurde, auf **AVM** zurückgeschaltet wird.

(10) **SINGLE** - Drucktaste zwei Funktionen und zugeordneten LED‘s.

SINGLE
Mit einem langen Tastendruck wird SINGLE (Einzelereignis-erfassung) ein- oder ausgeschaltet. Die mit **SGL** bezeichnete LED leuchtet, wenn SINGLE eingeschaltet ist.

Die Betriebsart SINGLE kann sowohl im Digital- als auch im Analog-Betrieb eingeschaltet werden. Liegt SINGLE vor und wird von Analog- auf Digitalbetrieb bzw. Digital- auf Analogbetrieb umgeschaltet, bleibt die Betriebsart SINGLE bestehen. Der Hauptanwendungsfall im SINGLE-Betrieb ist die Einzelereigniserfassung. Es ist aber auch möglich sich ständig wiederholende (repetierende) Signale in Form einer Einmalaufzeichnung zu erfassen. Bei **SINGLE** im **Digitalbetrieb** leuchtet **keine STOR.-MODE LED** (**9**), aber die **PRE**- bzw. **POST**-Triggereinstellung wird im Readout angezeigt. Liegt **Analogbetrieb** vor und ist **SINGLE** eingeschaltet, zeigt das Readout **SGL** anstelle des **PRE**- bzw. **POST**-Triggerwertes an.

In dieser Betriebsart kann ein einzelner Signalerfassungsvorgang durch die Triggerung ausgelöst werden, wenn die Triggereinrichtung mit **RESET** aktiviert wurde. Mit dem Umschalten auf **SGL** wird die Einzelereignis-Erfassung eingeschaltet und der Zeitablenk- bzw. Signalerfassungsvorgang wird abgebrochen. Bei Analogbetrieb ist dann der Strahl nicht mehr sichtbar, während er im Digitalbetrieb weiterhin sichtbar bleibt und das zuletzt erfaßte Signal anzeigt. Außerdem wird **automatisch** auf **Normal-Triggerung** (NM-LED leuchtet) umgeschaltet. Andernfalls würde die Triggerautomatik auch ohne anliegendes Meßsignal Signalerfassungs- bzw. Zeitablenkvorgänge auslösen (nicht sinnvoll).

Nur im Digital-Betrieb:

Achtung!
Nur wenn die Kombination von SINGLE- und DUAL-Betrieb vorliegt, beträgt der kleinste Zeitablenkkoeffizient 5µs/div.Bei eingeschalteter X-MAG. x10 Funktion folglich 500ns/div.

RESET
Ein kurzes Betätigen der SINGLE-Taste löst die RESET-Funktion aus. Die Wirkung ist abhängig von der Signalerfassungsart.

Nur im Digital-Betrieb:

1. **RESET** in Verbindung mit **SINGLE**-Betrieb (Einzelereigniserfassung):

In dieser Betriebsart leuchtet die **SGL**-LED (SINGLE) und das **Readout** zeigt die **PRE**- oder **POST**-Triggereinstellung an. Wird die **SINGLE**-Taste kurz gedrückt, leuchtet die **RES**-LED zusätzlich zur **SGL**-LED. Ob die **RES**-LED nur kurz aufleuchtet oder länger leuchtet hängt davon ab, ob:

1. sofort ein die Triggerung auslösendes Signal (**Triggersignal**) vorliegt oder nicht,
2. welcher **Zeitablenkkoeffizient** eingestellt ist und
3. welche **PRE**- bzw. **POST**-Triggereinstellung gewählt wurde.

Mit dem Aufleuchten der **RES**-LED beginnt sofort die Aufzeichnung des bzw. der Signale, wenn die **HOLD**-Funktion abgeschaltet ist.

Achtung!
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm wird die Signalerfassung sofort sichtbar. Sie erfolgt als ROLL-Darstellung, hat aber sonst keine Gemeinsamkeit mit dem ROLL-Betrieb.

Triggerereignisse lösen nur dann die Triggerung aus, wenn die für die Vorgeschichte benötigte Erfassungszeit (PRE-Triggereinstellung) abgelaufen ist. Andernfalls wäre eine fehlerhafte Signaldarstellung die Folge.

Nach erfolgter Triggerung und beendeter Aufnahme erlischt die RESET-LED.

Mit Umschalten auf XY-Betrieb können im DUAL-Betrieb erfaßte Einzelereignisse und danach mit HOLD gesicherte Einzelereignisse auch als XY-Darstellung angezeigt werden.

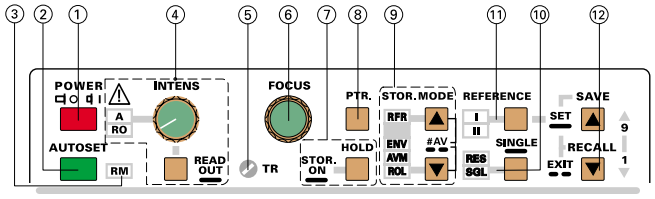
2. **RESET** in Verbindung mit **ENVELOPE** (ENV)- oder **AVERAGE** (AVM)-Betrieb.

Liegt eine dieser Signalerfassungsarten vor und wird die SINGLE-Taste kurz gedrückt (RESET-Funktion), wird die Signalerfassung zurückgesetzt. Anschließend beginnt die Mittelwertbildung bzw. die Hüllkurvendarstellung von vorn.

Nur im Analog-Betrieb:
Auch im Analog-Betrieb kann die Erfassung (z.B. fotografisch) von Einzelereignissen bzw. einmal dargestellten periodischen Signalen erfolgen.

Tritt ein Triggerereignis auf, nachdem im SINGLE-Betrieb die Triggereinrichtung mit RESET aktiviert wurde (RES-LED leuchtet), löst dies einen Zeitablenkvorgang aus; während dieses Vorgangs wird der Strahl sichtbar (hellgetastet).

Zwei Signale können mit einem Zeitablenkvorgang nur dargestellt werden, wenn ständig zwischen Kanal I und II umgeschaltet wird (Chopper-Darstellung). Siehe DUAL (22).



(11) REFERENCE - Drucktaste mit zwei Funktionen und 2 LED's (nur im Yt (Zeitbasis)-Speicherbetrieb).

Das Oszilloskop verfügt über 2 nichtflüchtige Referenz-Speicher. Ein Referenzsignal kann zusätzlich zur aktuellen Anzeige dargestellt werden. Der Referenzspeicherinhalt bleibt nach dem Ausschalten des Oszilloskops erhalten.

Die der Drucktaste zugeordneten LED-Anzeigen **I** und **II** signalisieren, ob ein Referenzspeicher zusätzlich zur aktuellen Signaldarstellung angezeigt wird und um welchen Referenzspeicher es sich dabei handelt. Eine feste Zuordnung der Referenzspeicher zu den Signaleingängen besteht nur bei DUAL-Betrieb (Kanal I und REFERENCE I; Kanal II und REFERENCE II); allerdings können die Referenzspeicher weder gleichzeitig angezeigt noch gleichzeitig überschrieben werden.

Anzeigen
Mit jedem **kurzen Tastendruck** wird die Referenzspeicheranzeige in folgender Sequenz weitergeschaltet:

Kein Referenzspeicher - Referenzspeicher I - Referenzspeicher II - kein Referenzspeicher.

Überschreiben
Das Überschreiben des alten Referenzspeicherinhalts mit aktuellen Signaldaten ist wie folgt vorzunehmen:

Zuerst ist mit jeweils **kurzem Tastendruck** der gewünschte Referenzspeicher zu bestimmen. Danach muß die **REFERENCE**-Taste lang gedrückt werden, bis ein akustisches Signal ertönt. Das bestätigt die Signaldatenübernahme in den Referenzspeicher. Vor der Übernahme der aktuellen Signaldaten in den Referenzspeicher kann (muß aber nicht) zuvor auf **HOLD** geschaltet werden.

Achtung!
Da die Referenzdarstellung gleich der Position der aktuellen Signaldarstellung ist, kann sie in den meisten Fällen nicht sofort wahrgenommen werden.

(12) SAVE / RECALL - Drucktasten für Geräteeinstellungen-Speicher.

Das Oszilloskop verfügt über **9 Speicherplätze**. In diesen können alle elektronisch erfaßten Geräteeinstellungen gespeichert bzw. aus diesen aufgerufen werden, mit Ausnahme von: **FOCUS**, **TR** (Strahldrehung) und **CAL**.-Drucktaste.

Um einen Speichervorgang einzuleiten, ist die SAVE-Taste zunächst einmal kurz zu betätigen. Im Readout oben rechts wird dann S für SAVE (= speichern) und eine Speicherplatzziffer zwischen 1 und 9 angezeigt. Danach sind die SAVE- und die RECALL-Taste zur Wahl des Speicherplatzes einzusetzen. Mit jedem kurzen Tastendruck auf SAVE (Pfeilsymbol nach oben zeigend) wird die aktuelle Ziffer schrittweise erhöht, bis die "Endstellung" 9 erreicht ist. Sinngemäß wird mit jedem kurzen Tastendruck auf RECALL (Pfeil nach unten zeigend) die aktuelle Platzziffer schrittweise verringert, bis die "Endstellung" 1 erreicht ist. Die Geräteeinstellung wird unter der gewählten Ziffer gespeichert, wenn anschließend die SAVE-Taste lang gedrückt wird. Beim Aufruf von zuvor gespeicherten Geräteeinstellungen ist zunächst die RECALL-Taste kurz zu drücken und dann der gewünschte Speicherplatz zu bestimmen. Mit einem langen Tastendruck auf RECALL werden dann die früher gespeicherten Bedienelemente-Einstellungen vom Oszilloskop übernommen.

Achtung:
Es ist darauf zu achten, daß das darzustellende Signal mit dem Signal identisch ist, welches beim Speichern der Geräteeinstellung vorhanden war. Liegt ein anderes Signal an (Frequenz, Amplitude) als beim Abspeichern, können Darstellungen erfolgen, die scheinbar fehlerhaft sind.

Wurde SAVE oder RECALL versehentlich aufgerufen, schaltet das gleichzeitige Drücken beider Tasten die Funktion ab. Es kann aber auch ca. 10 Sekunden gewartet werden und die Abschaltung erfolgt automatisch.
Wird das Oszilloskop ausgeschaltet, werden die letzten Einstellparameter automatisch in den Speicher mit der Platzziffer 9 geschrieben und dort gespeicherte abweichende Einstellungen gehen verloren. Das läßt sich verhindern, indem vor dem Ausschalten die in Speicher „ 9 " gespeicherten Einstellungen aufgerufen werden (RECALL 9) und erst danach ausgeschaltet wird.

Unterhalb des zuvor beschriebenen Feldes befinden sich die Bedien- und Anzeigeelemente für die Y-Meßverstärker, die Betriebsarten, die Triggerung und die Zeitbasen.

(13) Y-POS. I - Dieser Drehknopf dient dazu, die vertikale Strahlposition für Kanal I zu bestimmen. Bei Additionsbetrieb sind beide Drehknöpfe (**Y-POS. I** und **Y-POS. II**) wirksam. Im **XY**-Analogbetrieb ist der **Y-POS. I** Drehknopf abgeschaltet, für X-Positionsänderungen ist der **X-POS**. Drehknopf zu benutzen.

Liegt kein Signal am Eingang (**INPUT CHI** (**31**)) an, entspricht die vertikale Strahlposition einer Spannung von 0 Volt. Das ist der Fall, wenn der **INPUT CHI** (**31**) bzw. im Additionsbetrieb beide Eingänge (**INPUT CHI** (**31**), **INPUT CHII** (**35**)) auf **GD** (ground) (**33**) (**37**) geschaltet sind und automatische Triggerung (**AT**) (**15**) vorliegt.

Der Strahl kann dann mit dem **Y-POS. I**-Einsteller auf eine, für die nachfolgende Gleichspannungsmessung geeignete, Rasterlinie positioniert werden. Bei der nachfolgenden Gleichspannungsmessung (nur mit DC-Eingangskopplung möglich) ergibt sich eine vertikale Positionsverschiebung. Unter Berücksichtigung des Y-Ablenkkoeffizienten, des Teilungsverhältnisses des Tastteilers und der Änderung der Strahlposition gegenüber der zuvor "0 Volt Rasterlinie" (Referenzlinie), läßt sich die Gleichspannung bestimmen.

Y-POS. I -Symbol.
Bei eingeschaltetem Readout kann die 0 Volt (Gleichspannungsreferenz-) Position von Kanal I mit einem Symbol (⊥) angezeigt werden, d.h. die zuvor beschriebene Positionsbestimmung kann entfallen. Das Symbol für Kanal I wird im **Yt** (**Zeitbasis**)-**Betrieb** in der Bildschirmmitte, links von der senkrechten Rasterlinie, angezeigt. Voraussetzung hierfür ist, daß die Y-POS. I -Einstellung sich innerhalb des sichtbaren Bereichs des Bildschirms befindet, **DC**-Eingangskopplung (**32**) vorliegt und "**DC REFERENCE** = **ON**" als Softwareeinstellung im "SETUP"-Untermenü "Miscellaneous" (Verschiedenes) eingeschaltet ist.

Im XY-Betrieb wird kein "⊥" -Symbol angezeigt.

Nur im Digital-Betrieb:
Im XY-Betrieb wirkt der **Y-POS. I** -Drehknopf als X-Positionseinsteller. Der **X-POS**. Drehknopf ist dann abgeschaltet.

Der **Y-POS. I** Drehknopf kann zur vertikalen Positionsänderung eines mit **HOLD** gespeicherten Signals benutzt werden, wenn dieses im **Yt** (Zeitbasis)-Betrieb aufgezeichnet wurde. Liegt **XY**-Betrieb vor, erfolgt die Positionsänderung in X-Richtung. Siehe **HOLD** (**7**).

(14) Y-POS. II - Dieser Drehknopf dient dazu, die vertikale Strahlposition für Kanal II zu bestimmen. Im Additions-Betrieb sind beide Drehknöpfe (Y-POS. II und Y-POS. I) wirksam.

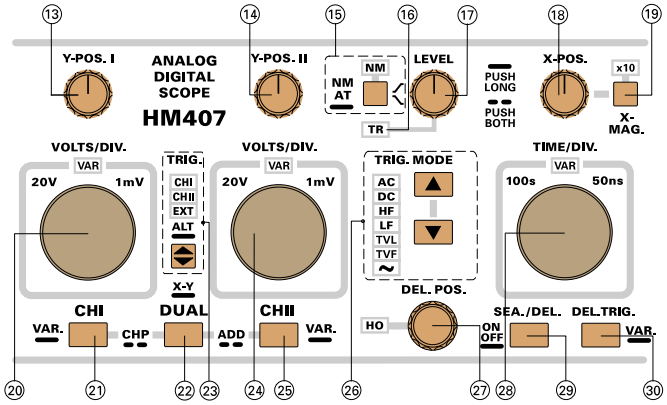
Liegt kein Signal am Eingang (**INPUT CHII** (**35**)) an, entspricht die vertikale Strahlposition einer Spannung von 0 Volt. Das ist der Fall, wenn der **INPUT CHII** (**35**) bzw. im Additionsbetrieb beide Eingänge (**INPUT CHI** (**31**), **INPUT CHII** (**35**)) auf **GD** (ground) (**33**) (**37**) geschaltet sind und automatische Triggerung (**AT**) (**15**) vorliegt.

Der Strahl kann dann mit dem **Y-POS. II**-Einsteller auf eine, für die nachfolgende Gleichspannungsmessung geeignete, Rasterlinie positioniert werden. Bei der nachfolgenden Gleichspannungsmessung (nur mit DC-Eingangskopplung möglich) ergibt sich eine vertikale Positionsverschiebung. Unter Berücksichtigung des Y-Ablenkkoeffizienten, des Teilungsverhältnisses des Tastteilers und der Änderung der Strahlposition gegenüber der zuvor "0 Volt Rasterlinie" (Referenzlinie), läßt sich die Gleichspannung bestimmen.

Y-POS. II -Symbol.
Bei eingeschaltetem Readout kann die 0 Volt (Gleichspannungsreferenz-) Position von Kanal II mit einem Symbol (⊥) angezeigt werden, d.h. die zuvor beschriebene Positionsbestimmung kann entfallen. Das Symbol für Kanal II wird im **Yt** (**Zeitbasis**)-**Betrieb** in der Bildschirmmitte, rechts von der senkrechten Rasterlinie, angezeigt. Voraussetzung hierfür ist, daß die Y-POS. II -Einstellung sich innerhalb des sichtbaren Bereichs des Bildschirms befindet, **DC**-Eingangskopplung (**36**) vorliegt und "**DC REFERENCE** = **ON**" als Softwareeinstellung im "**SETUP**"-Untermenü "**Miscellaneous**" (Verschiedenes) eingeschaltet ist.

Im XY-Betrieb wird kein "⊥" -Symbol angezeigt.

Nur im Digital-Betrieb:
Der **Y-POS. II** Drehknopf kann zur vertikalen Positionsänderung eines mit **HOLD** gespeicherten Signals benutzt werden. Siehe **HOLD** (**7**).



(15) NM
AT
⎍⎍ - Drucktaste mit zwei Funktionen und zugeordneter LED-Anzeige.

Diese Drucktaste ist nur wirksam, wenn eine Yt (Zeitbasis)-Betriebsart vorliegt.

NM / AT
Mit einem langen Tastendruck wird von **NM** (**Normal-Triggerung**) auf **AT** (**automatische -Spitzenwert-Triggerung**) bzw. umgekehrt umgeschaltet. Leuchtet die **NM**-LED, liegt Normaltriggerung vor.

Spitzenwert-Triggerung
Die Spitzenwert-Erfassung (-Triggerung) wird bei automatischer Triggerung - abhängig von der Betriebsart und der gewählten Triggerkopplung - zu- oder abgeschaltet. Der jeweilige Zustand wird durch das Verhalten des Triggerpegel-Symbols beim Ändern des LEVEL-Knopfes erkennbar:

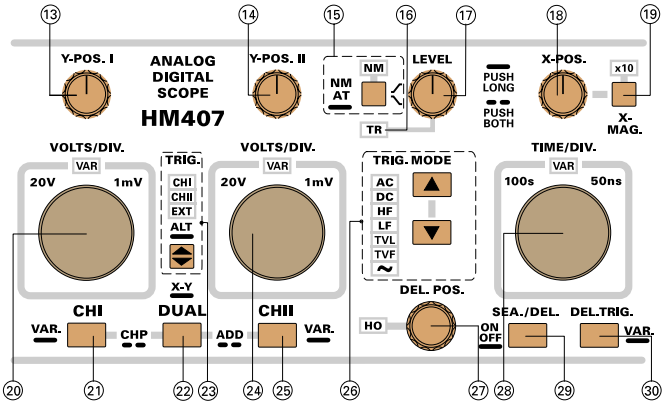
1. Wird eine in Y-Richtung nicht abgelenkte Strahllinie geschrieben und bewirkt die Änderung des LEVEL-Drehknopfes praktisch keine Verschiebung des Triggerpegel-Symbols, liegt Spitzenwert-Triggerung vor.

2. Läßt sich das Triggerpegel-Symbol mit dem LEVEL-Drehknopf nur innerhalb der Grenzen der Signalamplitude verschieben, liegt ebenfalls Spitzenwert-Triggerung vor.

3. Die Spitzenwert-Triggerung ist abgeschaltet, wenn eine ungetriggerte Darstellung erfolgt, nachdem sich das Triggerpegel-Symbol außerhalb der Signaldarstellung befindet.

⎍⎍ **(SLOPE)**
Die zweite Funktion betrifft die Triggerflankenwahl. Mit

jedem kurzen Tastendruck wird die Flankenwahl vorgenommen. Dabei wird bestimmt, ob eine ansteigende oder fallende Signalflanke die Triggerung auslösen soll. Die aktuelle Einstellung wird oben im Readout als Symbol angezeigt. Die letzte Triggerflankeneinstellung wird gespeichert und bleibt erhalten, wenn auf getriggerten **DELAY (DTR)** -Betrieb umgeschaltet wird. Liegt **getriggerter DELAY-Betrieb (DTR)** vor, kann die Triggerflanke erneut bestimmt werden.



(16) TR - Diese LED leuchtet, wenn die Zeitbasis Triggersignale erhält. Ob die LED aufblitzt oder konstant leuchtet, hängt von der Frequenz des Triggersignals ab.

Im XY-Betrieb leuchtet die **TR**-LED nicht.

(17) LEVEL - Mit dem LEVEL-Drehknopf kann der Triggerpegel, also die Spannung bestimmt werden, die ein Triggersignal über- oder unterschreiten muß (abhängig von der Flankenrichtung), um einen Zeit-Ablenkvorgang auszulösen. In den meisten Yt-Betriebsarten wird auf dem linken Rasterrand mit dem Readout ein Symbol eingeblendet, welches den Triggerpunkt anzeigt. Das Triggerpunkt-Symbol wird in den Betriebsarten abgeschaltet, in denen keine direkte Beziehung zwischen Triggersignal und Triggerpunkt vorliegt.

Wird die LEVEL-Einstellung geändert, ändert sich auch die Position des Triggerpunkt-Symbols im Readout. Die Änderung erfolgt in vertikaler Richtung und betrifft selbstverständlich auch den Strahlstart des Signals. Um zu vermeiden, daß das Triggerpunkt-Symbol andere Readoutinformationen überschreibt und um erkennbar zu machen, in welcher Richtung der Triggerpunkt das Meßraster verlassen hat, wird das Symbol durch einen Pfeil ersetzt.

Nur im Digital-Betrieb:
Nur wenn 0% Pre-Trigger vorliegt, ist die Horizontalposition des Triggerpunktsymbols im Analog- und Digitalbetrieb gleich. Siehe **PTR**-Taste (**8**).

(18) X-POS. - Dieser Drehknopf bewirkt eine Verschiebung der Signaldarstellung in horizontaler Richtung.

Diese Funktion ist insbesondere in Verbindung mit 10-facher X-Dehnung (X-MAG. x10) von Bedeutung. Im Gegensatz zur in X-Richtung ungedehnten Darstellung, wird mit X-MAG. x10 nur ein Ausschnitt (ein Zehntel) über 10cm angezeigt. Mit X-POS. läßt sich bestimmen welcher Teil der Gesamtdarstellung 10fach gedehnt sichtbar ist.
Nur im Digital-Betrieb:
Im **XY**-Betrieb ist der **X-POS**.-Drehknopf unwirksam. Eine X-Positionsverschiebung kann mit dem **Y-POS. I** (**13**) Knopf vorgenommen werden.

(19) X-MAG. x10
Drucktaste mit zugeordneter LED-Anzeige.

Jeder Tastendruck schaltet die zugeordnete LED an bzw. ab. Leuchtet die x10 LED, erfolgt eine 10fache X-Dehnung. Der dann gültige Zeit-Ablenkkoeffizient wird im Readout angezeigt. Bei ausgeschalteter X-Dehnung kann der zu dehnende Signalausschnitt mit dem X-POS.-Einsteller auf die mittlere vertikale Rasterlinie positioniert und danach mit eingeschalteter X-Dehnung betrachtet werden.

Im XY-Betrieb ist die X-MAG. Taste wirkungslos.

Nur im Analogbetrieb:
Der kleinste Zeit-Ablenkkoeffizient ohne X-MAG. x10 beträgt 50ns/cm. Liegt diese Zeitbasiseinstellung vor und wird die X-Dehnung (X-MAG. x10) eingeschaltet, erfolgt lediglich eine 5fache Dehnung (10ns/cm).

(20) VOLTS/DIV. - Für Kanal I steht im VOLTS/DIV.-Feld ein Drehknopf zur Verfügung, der eine Doppelfunktion hat.

Der Drehknopf ist nur wirksam, wenn Kanal I aktiv geschaltet und der Eingang eingeschaltet ist (AC- oder DC-Eingangskopplung). Kanal I ist im **CH I**- (Mono), **DUAL**-, **ADD**- (Additions-) und **XY**-Betrieb wirksam. Die Feinsteller-Funktion wird unter **VAR (21)** beschrieben.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion: Ablenkkoeffizienten-Einstellung (Teilerschalter). Sie liegt vor, wenn die **VAR**.- LED nicht leuchtet.

Mit Linksdrehen wird der Ablenkkoeffizient erhöht, mit Rechtsdrehen verringert. Dabei können Ablenkkoeffizienten von 1mV/div. bis 20V/div. in 1-2-5 Folge eingestellt werden.

Der Ablenkkoeffizient wird unten im Readout angezeigt (Yt: "**Y1:5mV**..."; XY: "**X:5mV**..."). Im unkalibrierten Betrieb wird anstelle des "**:**" ein "**>**" Symbol angezeigt.

(21) CH I
VAR - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

CH I
Mit einem **kurzen Tastendruck** wird auf Kanal I (Einkanal-Betrieb) geschaltet. Wenn zuvor weder Extern- noch Netz-Triggerung eingeschaltet war, wird auch die interne Triggerquelle automatisch auf Kanal I umgeschaltet. Das Readout zeigt dann den Ablenkkoeffizienten von Kanal I ("Y1...) und die **TRIG**.-LED (**23**) **CHI** leuchtet. Die letzte Funktionseinstellung des **VOLTS/DIV**.-Drehknopfs **(20)** bleibt erhalten.

Alle auf diesen Kanal bezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn der Eingang **(31)** nicht auf GD **(33)** geschaltet wurde.

VAR
Mit jedem **langen Betätigen** der **CHI** -Taste wird die Funktion des **VOLTS/DIV**.-Drehknopfes umgeschaltet und mit der darüber befindlichen **VAR**-LED angezeigt. Leuchtet die **VAR**-LED nicht, kann mit dem Drehknopf der kalibrierte Ablenkkoeffizient von Kanal I verändert werden (1-2-5 Folge).

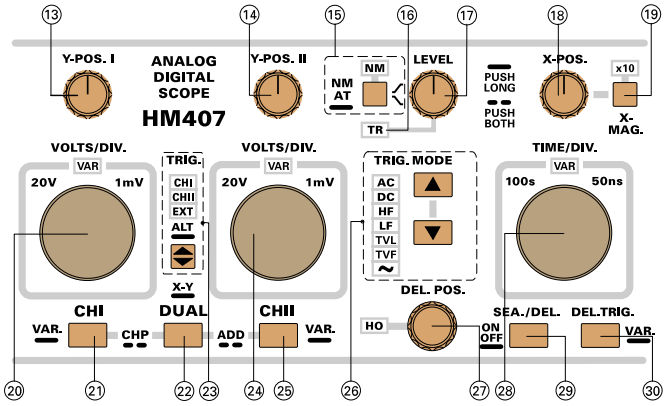
Wird die **CHI** -Taste **lang gedrückt** und **leuchtet** die **VAR**-LED, ist der **VOLTS/DIV**.-Drehknopf **(20)** als Feinsteller wirksam. Die kalibrierte Ablenkkoeffizienteneinstellung bleibt solange erhalten, bis der Drehknopf einen Rastschritt nach links gedreht wird. Daraus resultiert eine

unkalibrierte Signalamplitudendarstellung (**"Y1>..."**) und die dargestellte Signalamplitude wird kleiner. Wird der Drehknopf weiter nach links gedreht, vergrößert sich der Ablenkkoeffizient. Ist die untere Grenze des Feinstellbereichs erreicht, ertönt ein akustisches Signal.

Wird der Drehknopf nach rechts gedreht, verringert sich der Ablenkkoeffizient und die dargestellte Signalamplitude wird größer, bis die obere Feinstellbereichsgrenze erreicht ist. Dann ertönt wieder ein akustisches Signal und die Signaldarstellung erfolgt kalibriert (**"Y1:..."**); der Drehknopf bleibt aber in der Feinsteller-Funktion.

Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges langes Drücken der **CHI** -Taste - auf die Teilerschalterfunktion (1-2-5 Folge, kalibriert) umgeschaltet werden. Dann erlischt die **VAR**-LED und das möglicherweise noch angezeigte " **>** " Symbol wird durch " **:** " ersetzt.

Die Beschriftung der Frontplatte zeigt, daß die **CH I**-Taste **(21)** auch zusammen mit der **DUAL**-Taste **(22)** betätigt werden kann. Siehe **Punkt (22)**.



(22) DUAL
XY - Drucktaste mit mehreren Funktionen.

DUAL-
Betrieb liegt vor, wenn die **DUAL-Taste kurz betätigt** wurde. Wenn vorher Einkanal-Betrieb vorlag, werden nun die Ablenkkoeffizienten beider Kanäle im Readout angezeigt. Die letzte Triggerbedingung (Triggerquelle, -Flanke u. -Kopplung) bleibt bestehen, kann aber verändert werden.

Alle kanalbezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn kein Eingang auf **GD (33) (37)** geschaltet wurde.

Das Readout zeigt rechts neben dem Ablenkkoeffizienten von Kanal II (Y2:...) an, wie die Kanalumschaltung erfolgt. "**ALT**" steht für alternierende und "**CHP**" für Chopper (Zerhacker) -Kanalumschaltung. Die Art der Kanalumschaltung wird automatisch durch die Zeitkoeffizienteneinstellung (Zeitbasis) vorgegeben.

Chopper (**CHP**)-Darstellung erfolgt **automatisch** in den Zeitbasisbereichen von **500ms/div. bis 500µs/div.** Dann wird während des Zeit-Ablenkvorganges die Signaldarstellung ständig zwischen Kanal I und II umgeschaltet. Alternierende Kanalumschaltung **(ALT)** erfolgt **automatisch** in den Zeitbasisbereichen von **200µs/div. bis 50ns/div**. Dabei wird während eines Zeit-Ablenkvorganges nur ein Kanal und mit dem nächsten Zeit-Ablenkvorgang der andere Kanal dargestellt.

Die von der Zeitbasis vorgegebene Art der **Kanalumschaltung** kann geändert werden. Liegt DUAL-Betrieb vor und werden die **DUAL- (22) und** die **CH I**-Taste **(21)** gleichzeitig betätigt, erfolgt die Umschaltung von **ALT auf CHP** bzw. **CHP auf ALT.** Wird danach die Zeitkoeffizienteneinstellung (**TIME/DIV**.-Drehknopf) geändert, bestimmt der Zeitkoeffizient erneut die Art der Kanalumschaltung.

Nur im Digital-Betrieb:
Im Zweikanal (**DUAL**) -Digitalbetrieb erfolgt die Analog/Digital-Wandlung gleichzeitig mit je einem A/D-Wandler pro Kanal. Da keine Kanalumschaltung wie im Analogbetrieb erforderlich ist, zeigt das Readout die Signalerfassungsart des Digitalbetriebs anstelle von "**ALT**" bzw. "**CHP**".

ADD (Additions) -
Betrieb kann durch gleichzeitiges Drücken der **DUAL- (22) und** der **CHII** -Taste **(25)** eingeschaltet werden, wenn zuvor **DUAL**-Betrieb vorlag. Im Additionsbetrieb (**ADD**) wird das **Triggerpegel-Symbol abgeschaltet**. Der Additionsbetrieb wird im Readout durch das Additionssymbol "**+**" zwischen den Ablenkkoeffizienten beider Kanäle angezeigt.

Im **ADD** (Additions) -Betrieb werden zwei Signale addiert bzw. subtrahiert und das Resultat (algebraische Summe bzw. Differenz) als ein Signal dargestellt. Das Resultat ist nur dann richtig, wenn die Ablenkkoeffizienten beider Kanäle gleich sind. Die Zeitlinie kann mit beiden **Y-POS**.-Drehknöpfen beeinflußt werden.

XY-
Betrieb wird mit einem **langen Tastendruck** auf die **DUAL**-Taste eingeschaltet. Die Ablenkkoeffizientenanzeige im Readout zeigt dann "**X**: ..." für Kanal I, "**Y**: ..." für Kanal II und rechts davon "**XY**" für die Betriebsart. Bei **XY**-Betrieb sind die gesamte **obere Readoutzeile und** das **Triggerpegel-Symbol abgeschaltet**; das gilt auch für die entsprechenden Bedienelemente.

Bei XY-Betrieb sind die Kanal II (**CH II** (**Y**)) betreffende **INV** (Invertierung)-Taste **(37)** und der **Y-POS.II** -Einsteller **(14)** wirksam. Eine Signalpositionsänderung in X-Richtung kann mit dem **X-POS**.-Einsteller **(18)** vorgenommen werden. Die X-Dehnung (**X-MAG. x10**) ist abgeschaltet.

Nur im Digital-Betrieb:
XY-Digitalbetrieb wird dadurch kenntlich gemacht, daß zusätzlich zur Readoutanzeige "**XY**" die **RFR**-LED (**9**) leuchtet. Andere **STOR.MODE**-Einstellungen können dann nicht gewählt werden. Außerdem zeigt das Readout anstelle des Zeit-Ablenkkoeffizienten die Abtastrate (z.B. **40MS/s**), die mit dem **TIME/DIV**.-Knopf (**28**) einzustellen ist.

Ist die Abtastrate zu hoch, entstehen Lücken in der Darstellung von Lissajous-Figuren. Bei zu niedriger Abtastrate kommt es zu Darstellungen, bei denen das Frequenzverhältnis beider Signale nicht mehr bestimmbar ist. Die Einstellung der geeigneten Abtastrate wird vereinfacht, wenn beide Signale erst im Refresh (**RFR**) **DUAL**-Betrieb dargestellt werden. Dabei ist mit dem **TIME/DIV**.-Einsteller der Zeitkoeffizient so einzustellen, daß jeder Kanal mindestens eine Signalperiode anzeigt. Anschließend kann auf **XY**-Digitalbetrieb geschaltet werden.

Achtung!
Der Y-POS. I-Einsteller (13) wirkt bei Digitalbetrieb als X-Positionseinsteller; der X-POS.-Einsteller (18) ist abgeschaltet.

(23) TRIG. - Drucktaste mit Doppelfunktion und LED-Anzeige.

Die Drucktaste und die LED-Anzeige sind abgeschaltet, wenn Netzfrequenz-Triggerung oder XY-Betrieb vorliegt.

Mit der Drucktaste wird die Wahl der Triggerquelle vorgenommen. Die Triggerquelle wird mit der **TRIG**.-LED-Anzeige (**23**) angezeigt.

Mit dem Begriff „Triggerquelle" wird die Signalquelle bezeichnet, deren Signal zur Triggerung benutzt wird. Es stehen drei Triggerquellen zur Verfügung:

Kanal I,
Kanal II
(beide werden als interne Triggerquellen bezeichnet)
und der **TRIG. EXT. (38)** Eingang als externe Triggerquelle.

Anmerkung:
Der Begriff „interne Triggerquelle" beschreibt, daß das Triggersignal vom Meßsignal stammt.

CHI - CHII - EXT:
Mit jedem kurzen Tastendruck wird die Triggerquelle umgeschaltet. Die Verfügbarkeit der internen Triggerquellen hängt von der gewählten Kanal-Betriebsart ab. Die Schaltsequenz lautet:

CH I - **CH II** - **EXT** - **CH I** bei DUAL- und ADD- (Additions-) Betrieb.
CH I - **EXT** - **CH I** bei Kanal I (Einkanal-) Betrieb.
CH II - **EXT** - **CH II** bei Kanal II (Einkanal-) Betrieb.

Das Triggerpunktsymbol wird bei Extern-Triggerkopplung nicht angezeigt.

Nur im Digital-Betrieb:
Bei **ROL**-Betrieb (triggerunabhängige Signalerfassung) sind alle die Triggerung betreffenden Bedienelemente, Leuchtdioden und Readouteinblendungen abgeschaltet; also auch die **TRIG**.-Taste (**23**) mit den zugehörigen LEDs.

ALT:
Mit einem langen Tastendruck wird die (interne) alternierende Triggerung eingeschaltet. Dann leuchten die **TRIG**. **CHI** und **CHII** Anzeigen gemeinsam. Da die alternierende Triggerung auch alternierenden **DUAL**-Betrieb voraussetzt, wird diese Betriebsart automatisch mit eingeschaltet.

In dieser Betriebsart erfolgt die Umschaltung der internen Triggerquellen synchron mit der Kanalumschaltung. Bei alternierender Triggerung wird das Triggerpegel-Symbol nicht angezeigt. Mit einem kurzen Tastendruck kann die alternierende Triggerung abgeschaltet werden.

In Verbindung mit alternierender Triggerung werden folgende Triggerkopplungsarten (**TRIG.MODE** (**26**)) nicht ermöglicht: **TVL** (TV-Zeile), **TVF** (TV-Bild) und **~** (Netztriggerung).

Wenn eine der folgenden Betriebsarten vorliegt, kann nicht auf alternierende Triggerung umgeschaltet werden, bzw. wird die alternierende Triggerung automatisch abgeschaltet: **ADD** (Additions) -Betrieb und verzögerter (**SEA**, **DEL**) Zeitbasis-Betrieb.

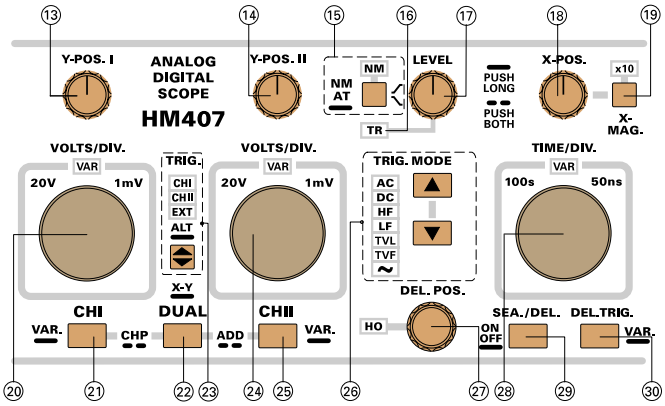
(24) VOLTS/DIV. - Für Kanal II steht im **VOLTS/DIV**.-Feld ein Drehknopf zur Verfügung, der eine Doppelfunktion hat.

Der Drehknopf ist nur wirksam, wenn Kanal II aktiv geschaltet und der Eingang eingeschaltet ist (**AC**- oder **DC**-Eingangskopplung). Kanal II ist im **CH II** (Mono)-, **DUAL**-, **ADD**- (Additions-) und **XY**-Betrieb wirksam. Die Feinsteller-Funktion wird unter **VAR (25)** beschrieben.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion: Ablenkkoeffizienten-Einstellung (Teilerschalter). Sie liegt vor, wenn die **VAR**.- LED nicht leuchtet.

Mit Linksdrehen wird der Ablenkkoeffizient erhöht, mit Rechtsdrehen verringert. Dabei können Ablenkkoeffizienten von 1mV/div. bis 20V/div. in 1-2-5 Folge eingestellt werden.

Der Ablenkkoeffizient wird unten im Readout angezeigt (Yt: "**Y2: 5mV**..."; XY: "**Y: 5mV**..."). Im unkalibrierten Betrieb wird anstelle des " **:** " ein " **>** " Symbol angezeigt.



(25) CH II
VAR - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

CHII
Mit einem **kurzen Tastendruck** wird auf Kanal II (Einkanal-Betrieb) geschaltet. Wenn zuvor weder externe noch Netz-Triggerung eingeschaltet waren, wird die interne Triggerquelle automatisch auf Kanal II umgeschaltet. Das Readout zeigt dann den Ablenkkoeffizienten von Kanal II ("**Y2**...") und die **TRIG**.-LED **(23) CHII** leuchtet. Die letzte Funktionseinstellung des **VOLTS/DIV**.-Drehknopfs **(24)** bleibt erhalten.

Alle auf diesen Kanal bezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn der Eingang **(35)** nicht auf GD **(37)** geschaltet wurde.

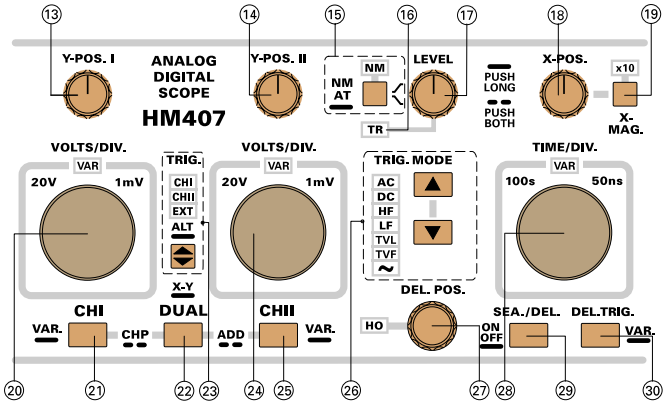
VAR
Mit jedem **langen Betätigen** der **CHII** -Taste wird die Funktion des **VOLTS/DIV**.-Drehknopfs umgeschaltet und mit der darüber befindlichen **VAR**-LED angezeigt. Leuchtet die **VAR**-LED nicht, kann mit dem Drehknopf der kalibrierte Ablenkkoeffizient von Kanal II verändert werden (1-2-5 Folge).

Leuchtet die **VAR**-LED nicht und wird die **CHII** -Taste lang gedrückt, leuchtet die **VAR**-LED und zeigt damit an, daß der Drehknopf nun als Feinsteller wirkt. Die kalibrierte Ablenkkoeffizienteneinstellung bleibt solange erhalten, bis der Drehknopf einen Rastschritt nach links gedreht wurde. Daraus resultiert eine unkalibrierte Signalamplitudendarstellung ("**Y2>**...") und die dargestellte Signalamplitude wird kleiner. Wird der Drehknopf weiter nach links gedreht, vergrößert sich der Ablenkkoeffizient. Ist die untere Grenze des Feinstellbereichs erreicht, ertönt ein akustisches Signal.

Wird der Drehknopf nach rechts gedreht, verringert sich der Ablenkkoeffizient und die dargestellte Signalamplitude wird größer, bis die obere Feinstellbereichsgrenze erreicht ist. Dann ertönt wieder ein akustisches Signal und die Signaldarstellung erfolgt kalibriert ("**Y2:**..."); der Drehknopf bleibt aber in der Feinsteller-Funktion.

Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges langes Drücken der **VAR**. -Taste - auf die Teilerschalterfunktion (1-2-5 Folge, kalibriert) umgeschaltet werden. Dann erlischt die **VAR**-LED und das " **>** " Symbol wird durch " **:** " ersetzt.

Die Beschriftung der Frontplatte zeigt, daß die **CHII** -Taste auch zusammen mit der **DUAL**-Taste **(22)** betätigt werden kann. Siehe Punkt **(22)**.



(26) TRIG. MODE - Drucktasten mit LED's.

Wird eine der beiden TRIG.MODE -Tasten betätigt, wird die Triggerkopplung (Signalankopplung an die Triggereinrichtung) umgeschaltet. Die Triggerkopplung wird mit der LED-Anzeige angezeigt.

Ausgehend von **AC**-Triggerkopplung bewirkt jeder Tastendruck auf die untere **TRIG. MODE**-Taste ein Weiterschalten in der Folge:

AC - Wechselspannungsankopplung
DC - Gleichspannungsankopplung (Spitzenwerterfassung bei automatischer Triggerung abgeschaltet)
HF - Hochfrequenzankopplung mit Unterdrückung niederfrequenter Signalanteile (kein Triggerpegel-Symbol)
LF - Niederfrequenzankopplung mit Unterdrückung hochfrequenter Signalanteile, in Verbindung mit automatischer Triggerung (**AT**) **AC**-Triggerkopplung bzw.
DC - Triggerkopplung bei Normaltriggerung (**NM**)
TVL - TV-Triggerung durch Zeilen-Synchronimpulse (kein Triggerpegel-Symbol)
TVF - TV-Triggerung durch Bild-Synchronimpulse (kein Triggerpegel-Symbol
~ - Netzfrequenzankopplung (kein Triggerpegel-Symbol).

Bei Netzfrequenz-Triggerung ist die **TRIG**. -Taste **(23)** wirkungslos und es leuchtet keine **TRIG**. -LED **(23)**.

In einigen Betriebsarten, wie z.B. bei alternierender Triggerung, stehen nicht alle Triggerkopplungsarten zur Verfügung und sind daher nicht einschaltbar.

(27) DEL.POS. - Drehknopf mit zwei Funktionen und zugeordneter **HO**-LED.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich nur auf den Analog-Betrieb.

Der **DEL.POS**.-Drehknopf wirkt als Holdoff-Zeiteinsteller, wenn die Zeitbasis weder im **SEA**. (SEARCH = suchen) noch im **DEL**. (DELAY = verzögern) -Betrieb arbeitet. Bei minimaler Holdoff-Zeit ist die **HO**-LED nicht eingeschaltet. Wird der Drehknopf im Uhrzeigersinn gedreht, leuchtet die **HO**-LED und die Holdoff-Zeit vergrößert sich. Bei Erreichen der maximalen Holdoff-Zeit ertönt ein Signal. Sinngemäß verhält es sich, wenn in die entgegengesetzte Richtung gedreht wird und die minimale Holdoff-Zeit erreicht wurde (**HO**-LED erlischt). Die letzte Holdoff-Zeiteinstellung wird automatisch auf den Minimalwert gesetzt, wenn eine andere Zeitbasis- Einstellung gewählt wird. (Über die Anwendung der "Holdoff-Zeiteinstellung" informiert der gleichnamige Absatz).

Mit dem **DEL.POS**.-Einsteller kann die (Strahlstart) Verzögerungszeit eingestellt werden, wenn **SEA**. (SEARCH)- oder **DEL**. (DELAY)-Zeitbasisbetrieb vorliegt. Siehe **SEA./DEL.-ON/OFF** (**29**).

Nur im Digital-Betrieb:
Der **DEL.POS**.-Einsteller und die **HO**-LED sind unwirksam, da in dieser Betriebsart die Holdoff-Zeit immer auf den Minimalwert gesetzt ist. Die letzte Holdoff-Zeiteinstellung wird nicht gespeichert. Folglich liegt die minimale Holdoffzeit vor, wenn wieder auf Analogbetrieb geschaltet wird.

Da weder **SEA**. (SEARCH)- oder **DEL**. (DELAY)-Zeitbasisbetrieb ermöglicht werden, ist der **DEL.POS**.-Einsteller auch nicht zur Verzögerungszeiteinstellung verwendbar.

(28) TIME/DIV. - Mit dem im TIME/DIV. Feld befindlichen Drehknopf wird der Zeit-Ablenkkoeffizient eingestellt und oben links im Readout angezeigt (z.B. „T:10µs").

Nur im Analogbetrieb:
Leuchtet die oberhalb des Drehknopfes befindliche **VAR**-LED nicht, wirkt der Drehknopf als Zeitbasisschalter. Er bewirkt dann die Zeit-Ablenkkoeffizientenumschaltung in 1-2-5 Folge; dabei ist die Zeitbasis kalibriert. Linksdrehen vergrößert und Rechtsdrehen verringert den Zeit-Ablenkkoeffizienten.

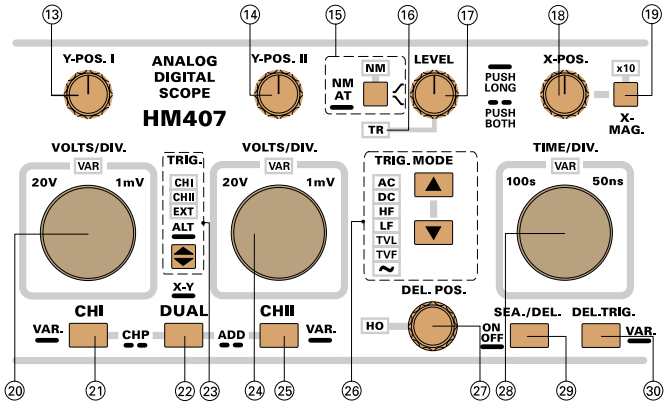
Leuchtet die **VAR**-LED, wirkt der Drehknopf als Feinsteller. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion als Zeitbasisschalter.

Ohne X Dehnung x10 können im Analog-Betrieb Zeit-Ablenkkoeffizienten zwischen 500ms/div. und 50ns/div. in 1-2-5 Folge gewählt werden. Im „**SEA**" (SEARCH)-Betrieb sind Verzögerungszeiten zwischen 120ms und 200ns wählbar. Der Zeit- Ablenkkoeffizientenbereich im „**DEL**" (DELAY)-Betrieb reicht von 20ms/div. bis 50ns/div.

Nur im Digital-Betrieb:
Liegt Digital-Betrieb vor, kann die Zeitbasis auf Zeit-Ablenkkoeffizienten von 100s/div. bis 200ns/div. eingestellt werden, wenn die X-Dehnung x10 (**X-MAG. x10**) abgeschaltet ist.

Der **TIME/DIV**. - Drehknopf kann im Digitalbetrieb nicht als Feinsteller benutzt werden.

Achtung:
Die unterschiedlichen Zeitkoeffizientenbereiche der Analog- bzw. Digital-Zeitbasis führen beim Umschalten zwischen Analog- und Digital-Betrieb zu Besonderheiten. Sie sind unter Punkt (7) beschrieben.



(29) SEA./DEL. - ON/OFF -Drucktaste mit zwei Funktionen.

Nur im Analogbetrieb:
Mit dieser Drucktaste kann zwischen verzögertem und unverzögertem Zeitbasisbetrieb gewählt werden. Der verzögerte Zeitbasisbetrieb ermöglicht eine in X-Richtung gedehnte Signaldarstellung, wie sie sonst nur mit einer zweiten Zeitbasis erzielt werden kann.

Liegt weder „**SEA**" (SEARCH = suchen)- noch „**DEL**" (DELAY = verzögern)-Betrieb vor, wird mit einem langen Tastendruck auf **SEA**. (SEARCH = suchen)-Betrieb umgeschaltet. Anschließend kann mit einem kurzen Tastendruck von **SEA**. auf **DEL**. umgeschaltet werden. Der nächste kurze Tastendruck schaltet von **DEL**. auf **SEA**. zurück.

Die Betriebsarten werden mit dem Readout rechts von der Triggerflankenanzeige signalisiert:

Bei **SEARCH** wird „**SEA**" angezeigt;
im ungetriggerten **DELAY**-Betrieb „**DEL**" (DEL.) und
bei getriggertem **DELAY**-Betrieb „**DTR**" (DEL.TRIG.).

Liegt unverzögerter Zeitbasisbetrieb vor, wird keine dieser Anzeigen im Readout sichtbar.

Falls „**SEA**"- oder „**DEL**" bzw. „**DTR**"-Betrieb vorliegen, bewirkt ein langer Tastendruck die Umschaltung auf unverzögerten Zeitbasisbetrieb.

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß bei abgeschalteter "**SEA**"- bzw. "**DTR**"-Funktion:

1. **X-MAG. x10** abgeschaltet ist,
2. der Strahlstart am linken Rasterrand erfolgt und
3. der zu dehnende Signalteil im Bereich von ca. 2cm bis ca. 6cm (horizontal) nach dem Strahlstart dargestellt wird (Zeit-Ablenkkoeffizient).

SEA.
Mit dem Schalten auf **SEA.** (SEARCH)-Betrieb wird automatisch auf minimale Holdoff-Zeit geschaltet und ein Teil der Darstellung (am linken Rasterrand beginnend) ist nicht mehr sichtbar. Anschließend wird der Strahl hellgetastet (sichtbar), bis er den rechten Rasterrand erreicht hat. Die Position des sichtbaren Strahlanfangs läßt sich mit dem **DEL.POS**.-Einsteller (Feineinsteller) verändern (ca. 2cm bis 6cm). Der dunkelgetastete Bereich dient als Anzeige für die Verzögerungszeit, die unter diesen Bedingungen „gesucht" (search) wird. Die Verzögerungszeit bezieht sich auf die aktuelle Zeit-Ablenkkoeffizienteneinstellung und kann mit dem **TIME/DIV**.-Drehknopf auch grob eingestellt werden (Bereich ca. 120ms bis ca. 200ns).

DEL.
Mit einem kurzen Tastendruck erfolgt die Umschaltung von „**SEA**"- auf „**DEL**" (DELAY)-Betrieb. Dann beginnt die Signaldarstellung (ohne einen abgedunkelten Teil) am linken Rasterrand. Dort befindet sich dann der Signalteil, bei dem zuvor im „**SEA**" (SEARCH)-Betrieb die Helltastung einsetzte. Mit Rechtsdrehen des **TIME/DIV**.-Drehknopfes kann nun der Zeit-Ablenkkoeffizient verringert und die Signaldarstellung in X-Richtung gedehnt werden. Geht dabei der interessierende Signalteil über den rechten Bildrand hinaus, kann er innerhalb gewisser Grenzen mit dem **DEL.POS**.-Drehknopf wieder sichtbar gemacht werden. Die Vergrößerung des Zeit-Ablenkkoeffizienten über den bei „**SEA**" (SEARCH) benutzten Wert hinaus wird nicht ermöglicht, da nicht sinnvoll.

Im ungetriggerten „**DEL**" (DELAY)-Betrieb löst ein Triggerereignis die Strahlablenkung nicht sofort aus, sondern startet erst die Verzögerungszeit. Erst wenn diese abgelaufen ist, wird der Start der Strahlablenkung ausgelöst.

DTR.
Bei getriggertem DELAY-Betrieb („**DTR**") muß nach Ablauf der Verzögerungszeit ein Signal folgen, welches zum Triggern geeignet ist. Wenn die Geräteeinstellungen (z.B. **LEVEL**-Einstellung) das Auslösen der Triggerung ermöglichen, wird dann der Strahlablenkvorgang gestartet. Siehe **DEL.TRIG**. (**30**).

(30) DEL.TRIG. - VAR. -Drucktaste mit zwei Funktionen (nur im Analogbetrieb).

DEL.TRIG.
Mit einem kurzen Tastendruck kann, wenn ungetriggerter „**DEL**" (DELAY)-Betrieb vorliegt, auf „**DTR**" (getriggerten DELAY-Betrieb) umgeschaltet werden. Dabei werden die zuvor wirksamen Einstellungen: automatische Triggerung (**AT**) bzw. Normaltriggerung (**NM**) (**15**), Trigger-**LEVEL**- (**17**), -Flanke- (**15**) und -Kopplungs-Einstellungen (**26**) gespeichert.

Im **„DTR"-Betrieb** wird automatisch auf **Normaltriggerung mit DC-Triggerkopplung** umgeschaltet. Die Trigger-LEVEL-Einstellung und die Triggerflankenrichtung können anschließend so eingestellt werden, daß der zum Nachtriggern benutzte Signalteil die Triggerung auslöst. Ohne Triggerung bleibt der Bildschirm dunkel.

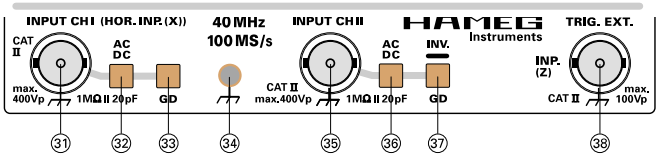
Ein erneuter kurzer Tastendruck schaltet auf den ungetriggerten **DEL**.-Betrieb zurück.
VAR.
Mit einem langen Tastendruck wird die Funktion des TIME/DIV. Drehknopfes bestimmt.

Der TIME/DIV. Drehknopf kann als Zeit-Ablenkkoeffizienten-Schalter oder als Zeit-Feinsteller arbeiten. Angezeigt wird dieses mit der **VAR** -LED. Leuchtet die **VAR**-LED, wirkt der Drehknopf als Feinsteller, wobei die Zeitbasis zunächst noch kalibriert ist. Mit einem Rastschritt nach links erfolgt die Zeitablenkung unkalibriert. Im Readout wird dann anstelle "**T:...**" nun "**T>**..." angezeigt. Mit weiterem Linksdrehen vergrößert sich der Zeit-Ablenkkoeffizient (unkalibriert), bis das Maximum akustisch signalisiert wird. Wird der Drehknopf dann nach

rechts gedreht, erfolgt die Verkleinerung des Ablenkkoeffizienten, bis das Signal erneut ertönt. Dann ist der Feinsteller in der kalibrierten Stellung und das "**>**" Symbol wird durch das "**:**" Symbol ersetzt.

Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb, kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges langes Drücken der **VAR**. -Taste - auf die kalibrierte Zeitbasisschalterfunktion umgeschaltet werden. Dann erlischt die **VAR**-LED.

Im untersten Feld der großen Frontplatte befinden sich BNC-Buchsen und vier Drucktasten, sowie eine 4 mm Buchse für Bananenstecker.



(31) INPUT CH I (X)
Diese BNC-Buchse dient im Yt (Zeitbasis)-Betrieb als Signaleingang für Kanal I. Der Außenanschluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden.

Bei XY-Betrieb ist der Eingang auf den X-Meßverstärker geschaltet. Dem Eingang sind die im Folgenden aufgeführten Drucktasten (**32**) (**33**) zugeordnet:

(32) AC-
DC- Drucktaste mit zwei Funktionen.

Beide Funktionen sind nur wirksam, wenn eine Betriebsart vorliegt in der Kanal I eingeschaltet und der Eingang (**31**) nicht auf **GD** (**33**) geschaltet ist.

AC - DC:
Jeder **kurze Tastendruck** schaltet von AC- (Wechselspannung) auf DC (Gleichspannung) Signalankopplung, bzw. von DC- auf AC-Signalankopplung. Die aktuelle Einstellung wird im Readout im Anschluß an den Ablenkkoeffizienten mit dem "**~**" bzw. dem "**=**" Symbol angezeigt.

Tastteilerfaktor:
Mit einem **langen Tastendruck** kann ein Tastkopfsymbol ein- oder ausgeschaltet werden. Bei eingeschaltetem Tastkopfsymbol muß der Tastkopf zusammen mit dem 1MΩ Eingangswiderstand des Oszilloskops eine 10:1 Teilung bewirken. Das Tastkopfsymbol wird im Readout angezeigt und vor den Ablenkkoeffizienten gestellt (z.B. „Tastkopfsymbol, Y1...."); dabei wird der Ablenkkoeffizient um den Faktor 10 größer. Bei cursorunterstützten Spannungsmessungen wird dann der 10:1 Teiler automatisch bei der Meßwertanzeige berücksichtigt.

Achtung!
Wird ohne Tastteiler gemessen (1:1), muß das Tastkopfsymbol abgeschaltet sein. Andernfalls erfolgt eine falsche Ablenkkoeffizienten- und CURSOR Spannungsanzeige.

(33) GD - Drucktaste
Mit jedem **kurzen Tastendruck** wird zwischen eingeschaltetem und abgeschaltetem Eingang **(INPUT CHI (31)**) umgeschaltet.

Bei abgeschaltetem Eingang (GD = ground) wird im Readout das Erde-Symbol anstelle des Ablenkkoeffizienten und der Signalankopplung angezeigt. Dann ist das am Signaleingang anliegende Signal abgeschaltet und es wird (bei automatischer Triggerung) nur eine in Y-Richtung unabgelenkte Strahllinie dargestellt, die als Referenzlinie für Massepotential (0 Volt) benutzt werden kann.

Bezogen auf die zuvor bestimmte Y-Position der Strahllinie, kann die Höhe einer Gleichspannung bestimmt werden. Dazu muß der Eingang wieder eingeschaltet und mit Gleichspannungskopplung (**DC**) gemessen werden. Mit dem Readout kann auch ein Symbol für die Referenzposition angezeigt werden. Siehe **Y-POS**. **I** (**13**).

In Stellung „**GD**" sind die **AC-DC** -Umschaltung (**32**) und der **VOLTS/DIV**.-Drehknopf (**20**) abgeschaltet.

(34) Massebuchse - für Bananenstecker mit einem Durchmesser von 4 mm. Die Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden.

Die Buchse dient als Bezugspotentialanschluß bei **CT** (Komponententester-Betrieb), kann aber auch bei der Messung von Gleichspannungen bzw. niederfrequenten Wechselspannungen als Meßbezugspotentialanschluß benutzt werden.

(35) INPUT CH II
Diese BNC-Buchse dient als Signaleingang für Kanal II. Der Außenanschluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden. Bei XY-Betrieb ist der Eingang auf den Y-Meßverstärker geschaltet. Dem Eingang sind die im Folgenden aufgeführten Drucktasten (**36**) (**37**) zugeordnet.

(36) AC-
DC- Drucktaste mit zwei Funktionen.

Beide Funktionen sind nur wirksam, wenn eine Betriebsart vorliegt in der Kanal II eingeschaltet und der Eingang (**35**) nicht auf **GD** (**37**) geschaltet ist.

AC - DC:
Jeder **kurze Tastendruck** schaltet von **AC**- (Wechselspannung) auf **DC** (Gleichspannung) Signalankopplung, bzw. von **DC**- auf **AC**-Signalankopplung. Die aktuelle Einstellung wird im Readout im Anschluß an den Ablenkkoeffizienten mit dem "**~**" bzw. dem "**=**" Symbol angezeigt.

Tastteilerfaktor:
Mit einem **langen Tastendruck** kann ein Tastkopfsymbol ein- oder ausgeschaltet werden. Bei eingeschaltetem Tastkopfsymbol muß der Tastkopf zusammen mit dem 1M Ohm Eingangswiderstand des Oszilloskops eine 10:1 Teilung bewirken. Das Tastkopfsymbol wird im Readout angezeigt und vor den Ablenkkoeffizienten gestellt (z.B. „Tastkopfsymbol, Y2...."); dabei wird der Ablenkkoeffizient um den Faktor 10 größer. Bei cursorunterstützten Spannungsmessungen wird dann der 10:1 Teiler automatisch bei der Meßwertanzeige berücksichtigt.

Achtung!
Wird ohne Tastteiler gemessen (1:1), muß das Tastkopfsymbol abgeschaltet sein. Andernfalls erfolgt eine falsche Ablenkkoeffizienten- und CURSOR Spannungsanzeige.

(37) GD
INV- Drucktaste mit zwei Funktionen.

GD:
Mit jedem kurzen Tastendruck wird zwischen eingeschaltetem und abgeschaltetem Eingang (INPUT CHII (35))

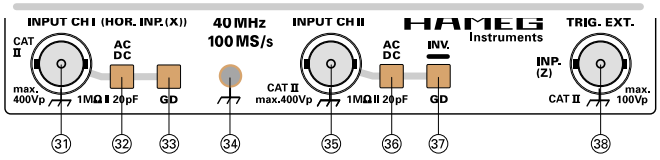
umgeschaltet.

Bei abgeschaltetem Eingang (GD = ground) wird im Readout das Erde-Symbol anstelle des Ablenkkoeffizienten und der Signalankopplung angezeigt. Dann ist das am Signaleingang anliegende Signal abgeschaltet und es wird (bei automatischer Triggerung) nur eine in Y-Richtung unabgelenkte Strahllinie dargestellt, die als Referenzlinie für Massepotential (0 Volt) benutzt werden kann.

Bezogen auf die zuvor bestimmte Y-Position der Strahllinie, kann der Wert einer Gleichspannung bestimmt werden. Dazu muß der Eingang wieder eingeschaltet und mit Gleichspannungskopplung (DC) gemessen werden. Mit dem Readout kann auch ein Symbol für die Referenzposition angezeigt werden. Siehe **Y-POS. I** (**13**).

In Stellung „**GD**" sind die **AC-DC** -Taste (**36**) und der **VOLTS/DIV**.-Drehknopf (**24**) abgeschaltet.

INV:
Mit jedem langen Betätigen dieser Taste wird zwischen nichtinvertierter und invertierter Darstellung des Kanal II Signales umgeschaltet. Bei Invertierung wird im Readout ein waagerechter Strich über die Kanalangabe (Yt: "**Y2**..."; XY: "**Y**...") gesetzt. Dann erfolgt eine um 180° gedrehte Signaldarstellung von Kanal II. Wird die Taste erneut lang betätigt, erfolgt wieder die nichtinvertierte Signaldarstellung.



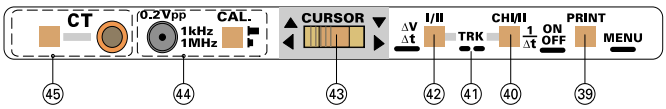
(38) TRIG. EXT. -
INPUT (Z) - BNC-Buchse mit Doppelfunktion. Die Eingangsimpedanz beträgt ca. 1MΩ II 20pF. Der Außenanschluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden.

TRIG. EXT. -Eingang:
Die BNC-Buchse ist nur dann als Signaleingang für externe Triggersignale wirksam, wenn die **EXT** - LED (**23**) leuchtet. Der **TRIG.EXT.**-Eingang wird mit der **TRIG**.-Drucktaste (**23**) eingeschaltet.

Nur im Analogbetrieb:

Z- Input:
Die BNC-Buchse ist als **Z** (Strahlhelligkeit) -**Modulationseingang** wirksam, wenn weder Komponenten-Test-Betrieb, noch externe Trigger-Signalankoppelung vorliegen. Die Dunkeltastung des Strahls erfolgt durch High-TTL-Pegel (positive Logik). Es sind keine höheren Spannungen als +5V zur Strahlmodulation zulässig.

Unter der Strahlröhre befinden sich die Cursor-, Kalibrator- und Komponententest-Bedienelemente, sowie 2 Buchsen.



(39) PRINT
MENU - Drucktaste mit zwei Funktionen.

PRINT
Nur im Digital-Betrieb:
Mit einem **kurzen Tastendruck** wird eine Dokumentation (Hardcopy) ausgelöst, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Das Oszilloskop muß mit dem extern anschließbaren Interface HO79-6 ausgerüstet sein.
2. Im HO79-6 muß sich die Software V2.xx befinden.

Das zur Dokumentation benutzte Gerät (z.B. Drucker, Plotter) muß mit einer der Schnittstellen des Interface HO79-6 verbunden sein. Die Dokumentation beinhaltet die Signaldarstellung, das Meßraster, die Meßparameter und zusätzliche Informationen (Oszilloskoptyp und Interface-Softwareversion).

Die **PRINT**-Taste kann anstelle der "**START**"-Taste des Interface **HO79-6**, die bei Einbau des Oszilloskops in einem Gestellrahmen (Rack) oft nicht zugänglich ist, benutzt werden.

Weitere Informationen sind dem Handbuch, das dem Interface HO79-6 beiliegt, zu entnehmen.

Analog- und Digitalbetrieb

MENU
Mit einem langen Tastendruck kann ein Menü (MAIN MENU) aufgerufen werden, das mehrere Untermenüs enthält (SETUP, CALIBRATE und falls angeschlossen HO79). Siehe "Menü" und ggf. Handbuch HO79-6.

Wenn ein Menü angezeigt wird, sind folgende Tasten von Bedeutung:

1. Die **SAVE**- und die **RECALL**-Taste (**12**).
   Mit kurzem Tastendruck läßt sich das nächste Menü (Untermenü) bzw. der darin enthaltene Menüpunkt bestimmen. Das aktuelle Menü bzw. der Menüpunkt wird mit größerer Strahlhelligkeit angezeigt.

2. **SAVE**-Taste (**12**) mit **SET**-Funktion.
   Wird die SAVE-Taste lang gedrückt (SET-Funktion) wird das gewählte Menü bzw. der Menüpunkt aufgerufen. Ist der Menüpunkt mit ON / OFF gekennzeichnet, erfolgt die Umschaltung auf die zuvor nicht aktive Funktion.

   In einigen Fällen wird nach dem Aufruf einer Funktion ein Warnhinweis angezeigt. In diesen Fällen muß, wenn sichergestellt ist das die Funktion wirklich benutzt werden soll, die SAVE-Taste erneut lang gedrückt werden; andernfalls muß der Funktionsaufruf mit der **AUTOSET**-Taste (**3**) abgebrochen werden.
3. Die **AUTOSET**-Taste (**3**).
   Jeder Tastendruck schaltet in der Rangordnung der Menüstruktur einen Schritt zurück, bis **MAIN MENU** angezeigt wird. Mit dem nächsten Tastendruck wird das Menü abgeschaltet und die **AUTOSET**-Taste übernimmt ihre normale Funktion.

(40) ON/OFF
CHI/II
1/Δt - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß **CT** (**KOMPONENTEN TEST**) -Betrieb nicht vorliegt und das **READOUT** eingeschaltet ist.

ON/OFF:
Wird die Drucktaste **lang gedrückt**, werden die Meß-Cursoren aus- oder eingeschaltet. Sind die Cursoren ausgeschaltet und ist im MENU: SETUP > MISCELLANEOUS: „MEAN VALUE **ON**" aktiviert, wird mit dem READOUT der Gleichspannungsmittelwert (DC...) angezeigt. Weitere Informationen können dem Abschnitt „Mittelwert-Anzeige" entnommen werden.

CHI/II:
Diese Funktion kann und muß nur benutzt werden, wenn das Oszilloskop auf **DUAL**- oder **XY**-Betrieb geschaltet ist und eine **CURSOR**-Spannungsmessung (**ΔV**) (**42**) erfolgen soll. Nur dann besteht die Notwendigkeit, die möglicherweise unterschiedlichen Ablenkkoeffizienten **(VOLTS/DIV.)** der Kanäle zu berücksichtigen.

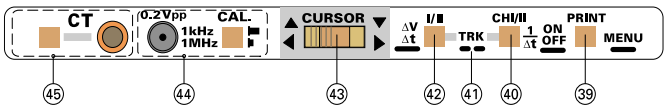
Mit einem **kurzen Tastendruck** kann zwischen **CH I** und **CH II** gewählt werden. Die aktuelle Einstellung wird im Readout bei Yt-Betrieb mit **„ΔV1..."**, **„ΔV2..."** bzw. bei XY-Betrieb mit **„ΔVX..."** oder **„ΔVY..."** angezeigt. Bei der Spannungsmessung müssen sich die **CURSOR**-Linien auf die Signaldarstellung des gewählten Kanals (**CH I** oder **II**) beziehen.

Welche der **CURSOR**-Linien mit der **CURSOR**-Wipptaste (**43**) bewegt werden, ist mit der **I/II**- (**42**) bzw. der **TRK**-Funktion (**41**) zu bestimmen.

Achtung
Falls mit dem Readout „Δt" oder „f" angezeigt wird, genügt ein langer Tastendruck auf die Taste I/II- ΔV/Δt (42), um auf Spannungsmessung zu schalten.

1/Δt:
Mit einem kurzen Tastendruck kann zwischen Zeit- (**Δt**) und Frequenzmessung (**1/Δt = Readoutanzeige „f..."**) gewählt werden, wenn zuvor mit langem Drücken der Taste **I/II- ΔV/Δt (42)** von Spannungs- auf Zeit/Frequenz-Messung umgeschaltet wurde. Dann wird im Readout „**Δt...**" oder „**f...**" angezeigt.

Achtung:
Bei XY-Betrieb ist diese Funktion abgeschaltet und weder eine Zeit- noch eine Frequenz-Messung möglich.



(41) TRK

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß kein **CT** (KOMPONENTEN TEST) -Betrieb vorliegt und das **READOUT** eingeschaltet ist. Außerdem müssen die **CURSOR**-Linien angezeigt werden.

Um Messungen mit Hilfe der Cursoren vornehmen zu können, muß die Position der Cursorlinien separat und gemeinsam einstellbar sein. Die Positionseinstellung der aktiv geschalteten **CURSOR**-Linie(n) erfolgt mit der "**CURSOR**"-Wipptaste **(43)**.

Mit **gleichzeitigem kurzen Drücken** beider Tasten **ON/OFF - CHI/II - 1/Δt (40) und ΔV/Δt - I/II (42)** kann bestimmt werden, ob nur eine CURSOR-Linie oder beide -Linien (TRK = track) aktiv geschaltet sind.

Werden beide CURSOR als nicht unterbrochene Linien angezeigt, erfolgt die **CURSOR**-Steuerung mit eingeschalteter **TRK** -Funktion. Mit der **CURSOR**-Wipptaste **(43)** lassen sich dann beide Linien gleichzeitig beeinflussen.

(42) I/II - ΔV/Δt
Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß **CT** (KOMPONENTEN TEST) -Betrieb nicht vorliegt und das **READOUT** eingeschaltet ist. Die **CURSOR**-Linien müssen sichtbar sein (Taste (**40**) **ON**).

I/II:
Mit jedem **kurzen Tastendruck** wird zwischen **CURSOR I** und **II** gewählt. Der „aktive" **CURSOR** wird als eine nicht unterbrochene „Linie" angezeigt. Diese wird aus vielen einzelnen Punkten gebildet. Der nicht-aktive Cursor zeigt Lücken in der Punktierung.

Die Positionseinstellung der aktiv geschalteten CURSOR-Linie wird mit der "**CURSOR**"-Wipptaste **(43)** vorgenommen.

Werden beide CURSOR-Linien als aktiv angezeigt, liegt **TRK (41)** Bedienung vor und die **I/II** -Umschaltung ist wirkungslos. Siehe Punkt **(41)**.

ΔV/Δt:
Mit einem langen Tastendruck kann zwischen **ΔV** (Spannungs-Messung) und **Δt** (Zeit-/Frequenzmessung) umgeschaltet werden, sofern nicht **XY**-Betrieb vorliegt. Weil bei **XY**-Betrieb die Zeitbasis abgeschaltet ist, sind Zeit- bzw. Frequenzmessungen nicht möglich.

ΔV:
Bei Spannungsmessungen muß das Teilungsverhältnis des/der Tastteiler(s) berücksichtigt werden. Zeigt das Readout kein Tastkopfsymbol an (1:1) und wird mit einem 100:1 Teiler gemessen, muß der im Readout abgelesene Spannungswert mit 100 multipliziert werden. Im Falle von 10:1 Tastteilern kann das Teilungsverhältnis automatisch berücksichtigt werden (**siehe Punkt (32) und (36)**).

1.Zeitbasisbetrieb (CHI bzw. CHII Einkanalbetrieb, DUAL und ADD.

Bei **ΔV** (Spannungs)-Messung verlaufen die **CURSOR**-Linien horizontal. Die Spannungsanzeige im **READOUT** bezieht sich auf den Y-Ablenkkoeffizienten des Kanals und den Abstand zwischen den **CURSOR**-Linien.

Einkanalbetrieb (CHI oder CHII):
Wird nur Kanal I oder II betrieben, können die **CURSOR** nur einem Signal zugeordnet werden. Die Anzeige des Meßergebnisses ist dabei automatisch mit dem Y-Ablenkkoeffizienten des eingeschalteten Kanals verknüpft und wird im **READOUT** angezeigt.

Y-Ablenkkoeffizient kalibriert: **"ΔV1:..."** oder **"ΔV2:..."**.
Y-Ablenkkoeffizient unkalibriert: **"ΔV1>..."** oder **"ΔV2>..."**. **Zweikanalbetrieb (DUAL):**
Nur im **DUAL**-Betrieb besteht die Notwendigkeit, zwischen den möglicherweise unterschiedlichen Ablenkkoeffizienten von Kanal I und II, zu wählen. Siehe **CHI/II** unter Punkt **(40)**. Außerdem muß darauf geachtet werden, daß die **CURSOR**-Linien auf das an diesem Kanal anliegende Signal gelegt werden.

Das Meßergebnis wird durch das Readout mit **"ΔV1:..."** oder **"ΔV2:..."** angezeigt, wenn die Y-Ablenkkoeffizienten kalibriert sind.

Wird mit unkalibrierten Ablenkkoeffizienten (Readout z.B. "**Y1>**...") gemessen, kann kein exaktes Meßergebnis angezeigt werden. Das Readout zeigt dann: "**ΔV1>**..." oder "**ΔV2>**...".

Additionsbetrieb (ADD):
In dieser Betriebsart wird die Summe oder die Differenz von zwei an den Eingängen anliegenden Signalen als ein Signal dargestellt.

Die Y-Ablenkkoeffizienten beider Kanäle müssen dabei gleich sein. Im **READOUT** wird dann **„ΔV..."** angezeigt. Bei unterschiedlichen Y-Ablenkkoeffizienten zeigt das READOUT **„Y1 < > Y2"** an.

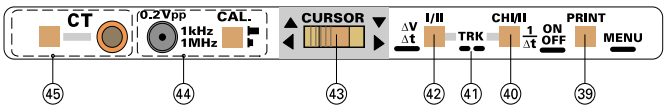
2. XY-Betrieb:
Gegenüber dem **DUAL**-Betrieb gibt es bezüglich der Spannungsmessung mit **CURSOR**-Linien einige Abweichungen.

Wird das an Kanal I (**CHI (HOR.INP. (X))** anliegende Signal gemessen, werden die **CURSOR** als senkrechte Linien angezeigt. Die Spannung wird dabei im READOUT mit **„ΔVX..."** angezeigt.

Bezieht sich die Messung auf Kanal II (**Y**), werden die **CURSOR** als waagerechte Linien dargestellt und das READOUT zeigt **„ΔVY..."** an.

Δt:
Liegt weder **XY**- noch **CT** (KOMPONENTEN TEST)-Betrieb vor, kann mit einem **langen Tastendruck** auf Zeit- bzw. Frequenzmessung umgeschaltet werden. Die Umschaltung zwischen Zeit- und Frequenz-Messung kann mit der Taste "ON/OFF - CHI/II - **1/Δt**" **(40)** vorgenommen werden. Im Readout wird dann entweder "**Δt**...", oder "**f**..." angezeigt. Bei unkalibrierter Zeitbasis wird "Δt**>**..." bzw. "f**<**..." angezeigt.

Die Messung und das daraus resultierende Meßergebnis bezieht sich auf die Signaldarstellung.



(43) CURSOR -
Wipptaste steuert die vertikale bzw. horizontale Position des aktiven Cursors. Die Bewegungsrichtung entspricht dem jeweiligen Symbol.

Die Positionsänderung des Cursors kann schnell oder langsam erfolgen; je nachdem ob die Wipptaste nur ein wenig oder ganz nach links bzw. rechts gedrückt wird.

(44) CAL.- Drucktaste mit zugeordneter konzentrischer Buchse.

Entsprechend den Symbolen auf der Frontplatte, kann bei ausgerasteter Taste ein Rechtecksignal von ca. 1kHz mit einer Amplitude von 0,2V_{ss} entnommen werden. Mit eingerasteter Taste ändert sich die Frequenz auf ca. 1MHz. Beide Signale dienen der Frequenzkompensation von 10:1 Tastteilern. Das Tastverhältnis ist für diesen Verwendungszweck von untergeordneter Bedeutung.

(45) CT - Drucktaste und 4 mm Bananenstecker-Buchse.
Mit dem Betätigen der **CT**- (Komponententester) Taste kann zwischen Oszilloskop- und Komponententester-Betrieb gewählt werden. **Siehe Komponenten-Test**.

Bei Komponententester-Betrieb zeigt das Readout nur noch "**CT**" an. Alle Bedienelemente und LED-Anzeigen außer "**AUTO SET**" (**2**), "**INTENS**" (**4**), "**READ OUT**"-Taste (**4**), LED "**A**" bzw. "**RO**" (**4**), "**TR**" (**5**) und "**FOCUS**" (**6**) sind abgeschaltet.

Die Prüfung von elektronischen Bauelementen erfolgt zweipolig. Dabei wird ein Anschluß des Bauelements mit der 4mm Buchse, welche sich neben der **CT**-Taste befindet, verbunden. Der zweite Anschluß erfolgt über die Massebuchse **(34)**.

Die letzten Betriebsbedingungen des Oszilloskopbetriebs liegen wieder vor, wenn der Komponententester abgeschaltet wird.

Menü

Das Oszilloskop verfügt auch über mehrere Menüs. Im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" ist die Bedienung unter **PRINT** / **MENU** (**39**) beschrieben.

Folgende Menüs, Untermenüs und Menüpunkte stehen zur Verfügung:

1. MAIN MENU

1.1 **CALIBRATE**
Informationen über das „CALIBRATION"-Menü können dem Abschnitt „Abgleich" entnommen werden.

1.2 **SETUP**
Das „SETUP-Menu" ermöglicht dem Anwender, Änderungen vorzunehmen, die das Verhalten des Oszilloskops betreffen.

Das SETUP-Menü bietet die Untermenüs **Miscellaneous** und **Factory** an:

1.2.1 Miscellaneous (Verschiedenes) mit den Menüpunkten:

1.2.1.1 **CONTROL BEEP** ON/OFF. In der OFF-Stellung werden die Signaltöne abgeschaltet, welche sonst beim Betätigen von Bedienelementen ertönen.

1.2.1.2 **ERROR BEEP** ON/OFF. Signaltöne, mit denen sonst Fehlbedienungen signalisiert werden, sind in der OFF Stellung abgeschaltet.

Nach dem Einschalten des Oszilloskops werden CONTROLS BEEP und ERROR BEEP immer auf ON gesetzt.

1.2.1.3 **QUICK START** ON/OFF. In Stellung ON ist daß Oszilloskop nach kurzer Zeit sofort einsatzbereit, ohne das nach dem Einschalten erst das HAMEG-Logo angezeigt wird.

1.2.1.4 **TRIG.-SYMBOL** ON/OFF. In den meisten Yt- (Zeitbasis) Betriebsarten wird mit dem Readout ein Triggerpunktsymbol angezeigt. Das Symbol wird in Stellung OFF nicht angezeigt. Feinheiten der Signaldarstellung, die sonst durch das Triggerpunktsymbol verdeckt werden, lassen sich dann besser erkennen.

1.2.1.5 **DC REFERENCE** ON/OFF. Ist ON eingeschaltet und liegt Yt- (Zeitbasis) Betrieb vor, wird im Readout ein "⊥"-Symbol sichtbar. Das Symbol zeigt die 0 Volt Referenzposition und erleichtert die Bestimmung von Gleichspannungen bzw. Gleichspannungsanteilen.

1.2.1.6 **INPUT Z** ON/OFF. In Stellung ON dient die **TRIG. EXT.**-Buchse (38) als Helltasteingang, wenn Analogbetrieb vorliegt.

1.2.1.7 **MEAN VALUE** ON/OFF. Mit ON wird die Mittelwertanzeige im READOUT ermöglicht. Sie kann nur erfolgen, wenn die Funktion „CURSOR-Messung" abgeschaltet ist. Weitere Informationen sind dem Abschnitt „Mittelwert-Anzeige" zu entnehmen.

1.2.2 **Factory** (Fabrik).

Achtung!
Die in diesem Menü enthaltenen Funktionen stehen nur Werkstätten zur Verfügung, die von HAMEG autorisiert wurden und über die erforderlichen (sehr teuren) Kalibratoren verfügen, mit denen ein Abgleich des Oszilloskops erfolgen kann.

1.3 **HO79** (wird nur angezeigt, wenn das Interface mit dem Oszilloskop verbunden ist). Weitere Informationen sind dem Handbuch, das dem Interface HO79-6 beiliegt, zu entnehmen.

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Vor der ersten Inbetriebnahme muß die Verbindung zwischen Schutzleiteranschluß und dem Netz-Schutzleiter vor jeglichen anderen Verbindungen hergestellt sein (Netzstecker also vorher anschließen). Danach sollten die Meßkabel an die BNC-Eingänge angeschlossen werden und erst dann mit dem zunächst stromlosen Meßobjekt verbunden werden, das anschließend einzuschalten ist.

Mit der roten Netztaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt, dabei leuchten zunächst mehrere Anzeigen auf. Dann übernimmt das Oszilloskop die Einstellungen, welche beim vorhergehenden Ausschalten vorlagen. Wird nach ca. 20 Sekunden Anheizzeit kein Strahl bzw. das Readout sichtbar, sollte die **AUTO SET** -Taste betätigt werden. Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS** - Knopf eine mittlere Helligkeit und am **FOCUS-Knopf** die maximale Schärfe eingestellt. Dabei sollte die Eingangskopplung auf **GD** (ground = Masse) geschaltet sein. Der Eingang ist dann abgeschaltet. Damit ist sichergestellt, daß keine Störspannungen von außen die Fokussierung beeinflussen können.
Zur Schonung der Strahlröhre sollte immer nur mit jener Strahlintensität gearbeitet werden, die Meßaufgabe und Umgebungsbeleuchtung gerade erfordern. Besondere Vorsicht ist bei stehendem, punktförmigen Strahl geboten. Zu hell eingestellt, kann dieser die Leuchtschicht der Röhre beschädigen. Ferner schadet es der Kathode der Strahlröhre, wenn das Oszilloskop oft kurz hintereinander aus- und eingeschaltet wird.

Strahldrehung TR

Trotz Mumetall-Abschirmung der Bildröhre lassen sich erdmagnetische Einwirkungen auf die horizontale Strahllage nicht ganz vermeiden. Das ist abhängig von der Aufstellrichtung des Oszilloskops am Arbeitsplatz. Dann verläuft die horizontale Strahllinie in Schirmmitte nicht exakt parallel zu den Rasterlinien. Die Korrektur weniger Winkelgrade ist an einem Potentiometer hinter der mit **TR** bezeichneten Öffnung mit einem kleinen Schraubendreher möglich.

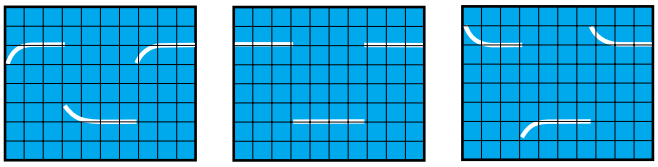
Tastkopf-Abgleich und Anwendung

Damit der verwendete Tastteiler die Form des Signals unverfälscht wiedergibt, muß er genau an die Eingangsimpedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Ein im Oszilloskop eingebauter Generator liefert hierzu ein Rechtecksignal mit sehr kurzer Anstiegszeit (<4ns am 0,2V_{ss} Ausgang) und Frequenzen von ca. 1kHz oder 1MHz. Das Rechtecksignal kann der konzentrischen Buchse unterhalb des Bildschirms entnommen werden. Sie liefert 0.2V_{ss} ±1% für Tastteiler 10:1. Die Spannung entspricht einer Bildschirmamplitude von 4cm Höhe, wenn der **Eingangsteiler** auf den Ablenkkoeffizienten 5mV/cm eingestellt ist. Der Innendurchmesser der Buchse beträgt 4,9mm und entspricht dem (an Bezugspotential liegenden) Außendurchmesser des Abschirmrohres von modernen Tastköpfen der Serie F (international vereinheitlicht). Nur hierdurch ist eine extrem kurze Masseverbindung möglich, die für hohe Signalfrequenzen und eine unverfälschte Kurvenform-Wiedergabe von nicht-sinusförmigen Signalen Voraussetzung ist.

Abgleich 1kHz

Dieser C-Trimmerabgleich (NF-Kompensation) kompensiert die kapazitive Belastung des Oszilloskop-Eingangs. Durch den Abgleich bekommt die kapazitive Teilung dasselbe Teilerverhältnis wie die ohmsche Spannungsteilung. Dann ergibt sich bei hohen und niedrigen Frequenzen dieselbe Spannungsteilung wie für Gleichspannung. Für Tastköpfe 1:1 oder auf 1:1 umgeschaltete Tastköpfe ist dieser Abgleich weder nötig noch möglich. Voraussetzung für den Abgleich ist die Parallelität der Strahllinie mit den horizontalen Rasterlinien (siehe **„Strahldrehung TR"**).

Tastteiler 10:1 an den **CH.I** -Eingang anschließen, dabei Oszilloskop auf Kanal I betreiben, Eingangskopplung auf DC stellen, Eingangsteiler auf 5mV/cm und **TIME/DIV.** auf 0.2ms/cm schalten **(beide kalibriert),** Tastkopf (Teiler 10:1) in die CAL.-Buchse einstecken.



Falsch Richtig Falsch

Auf dem Bildschirm sind 2 Wellenzüge zu sehen. Nun ist der NF-Kompensationstrimmer abzugleichen, dessen Lage der Tastkopfinformation zu entnehmen ist. Mit dem beigegebenen Isolierschraubendreher ist der Trimmer so abzugleichen, bis die oberen Dächer des Rechtecksignals exakt parallel zu den horizontalen Rasterlinien stehen (siehe Bild 1kHz). Dann sollte die Signalhöhe 4cm ±1,2mm (= 3%) sein. Die Signalflanken sind in dieser Einstellung unsichtbar.

Abgleich 1MHz

Ein HF-Abgleich ist bei den Tastköpfen HZ51, 52 und 54 möglich. **Diese besitzen Entzerrungsglieder, mit denen es möglich ist, den Tastkopf auf einfachste Weise im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers optimal abzugleichen.** Nach diesem Abgleich erhält man nicht nur die maximal mögliche Bandbreite im Tastteilerbetrieb, sondern auch eine weitgehend konstante Gruppenlaufzeit am Bereichsende. Dadurch werden Einschwingverzerrungen (wie Überschwingen, Abrundung, Nachschwingen, Löcher oder Höcker im Dach) in der Nähe der Anstiegsflanke auf ein Minimum begrenzt. Die Bandbreite des Oszilloskops wird also bei Benutzung der Tastköpfe HZ51, 52 und 54 ohne Inkaufnahme von Kurvenformverzerrungen voll genutzt. Voraussetzung für diesen HF-Abgleich ist ein Rechteckgenerator mit kleiner Anstiegszeit (typisch 4 ns) und niederohmigem Ausgang (ca. 50 Ohm), der bei einer Frequenz von 1MHz eine Spannung von 0,2Vss abgibt. Der Kalibratorausgang des Oszilloskops erfüllt diese Bedingungen, wenn die **CAL.**-Taste eingerastet ist (1MHz).

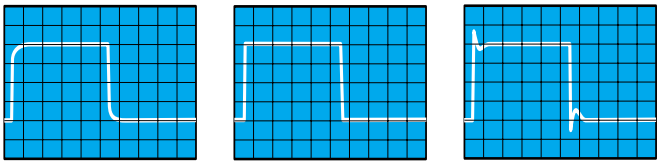
Tastköpfe des Typs HZ51, 52 oder 54 an den **CH.I**-Eingang anschließen, nur Kalibrator-Taste 1MHz drücken, Eingangskopplung auf DC, Eingangsteiler auf 5mV/cm und TIME/DIV. auf 100ns/cm stellen (beide kalibriert). Tastkopf in Buchse 0.2V_{pp} einstecken. Auf dem Bildschirm ist ein Wellen-

zug zu sehen, dessen Rechteckflanken jetzt auch sichtbar sind. Nun wird der HF-Abgleich durchgeführt. Dabei sollte man die Anstiegsflanke und die obere linke Impuls-Dachecke beachten.

Auch die Lage der Abgleichelemente für die HF-Kompensation ist der Tastkopfinformation zu entnehmen.
Die Kriterien für den HF-Abgleich sind:

- Kurze Anstiegszeit, also eine steile Anstiegsflanke.
- Minimales Überschwingen mit möglichst geradlinigem Dach, somit ein linearer Frequenzgang.

Die HF-Kompensation sollte so vorgenommen werden, daß der Übergang von der Anstiegsflanke auf das Rechteckdach weder zu stark verrundet, noch mit Überschwingen erfolgt. Tastköpfe mit einem HF-Abgleichpunkt sind, im Gegensatz zu Tastköpfen mit mehreren Abgleichpunkten, naturgemäß einfacher abzugleichen. Dafür bieten mehrere HF-Abgleichpunkte den Vorteil, daß sie eine optimalere Anpassung zulassen. Nach beendetem HF-Abgleich ist auch bei 1MHz die Signalhöhe am Bildschirm zu kontrollieren. Sie soll denselben Wert haben, wie oben beim 1kHz-Abgleich angegeben.



Falsch Richtig Falsch

Es wird darauf hingewiesen, daß die Reihenfolge erst 1kHz, dann 1MHz-Abgleich einzuhalten ist, aber nicht wiederholt werden muß, und daß die Kalibrator-Frequenzen 1kHz und 1MHz nicht zur Zeit-Eichung verwendet werden können. Ferner weicht das Tastverhältnis vom Wert 1:1 ab.

Voraussetzung für einen einfachen und exakten Tastteilerabgleich (oder eine Ablenkkoeffizientenkontrolle) sind horizontale Impulsdächer, kalibrierte Impulshöhe und Nullpotential am negativen Impulsdach. Frequenz und Tastverhältnis sind dabei nicht kritisch.

Betriebsarten der Vertikalverstärker

Die für die Betriebsarten der Vertikalverstärker wichtigsten Bedienelemente sind die Drucktasten: CHI(21), DUAL (22) und CHII(25).
Die Betriebsartenumschaltung ist im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" beschrieben.

Die gebräuchlichste Art der mit Oszilloskopen vorgenommenen Signaldarstellung ist der Yt-Betrieb. In dieser Betriebsart lenkt die Amplitude des zu messenden Signals (bzw. der Signale) den Strahl in Y-Richtung ab.Gleichzeitig wird der Strahl von links nach rechts abgelenkt (Zeitbasis).

Der bzw. die Vertikalverstärker bietet/bieten dabei folgende Möglichkeiten:

Die Darstellung nur eines Signales im Kanal I-Betrieb.
Die Darstellung nur eines Signales im Kanal II-Betrieb.
Die Darstellung von zwei Signalen im DUAL (Zweikanal) -Betrieb.

Bei **DUAL**-Betrieb arbeiten beide Kanäle. Die Art, wie die Signale beider Kanäle dargestellt werden, hängt von der Zeitbasis ab (siehe "Bedienelemente und Readout"). Die Kanalumschaltung kann nach jedem Zeit-Ablenkvorgang (alternierend) erfolgen. Beide Kanäle können aber auch innerhalb einer Zeit-Ablenkperiode mit einer hohen Frequenz ständig umgeschaltet (chop mode) werden. Dann sind auch langsam verlaufende Vorgänge flimmerfrei darstellbar. Für das Oszilloskopieren langsam verlaufender Vorgänge mit Zeitkoeffizienten ≥500µs/cm ist die alternierende Betriebsart meistens nicht geeignet. Das Schirmbild flimmert dann zu stark, oder es scheint zu springen.

Für Oszillogramme mit höherer Folgefrequenz und entsprechend kleiner eingestellten Zeitkoeffizienten ist die gechoppte Art der Kanalumschaltung meist nicht sinnvoll. Liegt ADD-Betrieb vor, werden die Signale beider Kanäle algebraisch addiert (+I ±II). Ob sich hierbei die Summe oder die Differenz der Signalspannungen ergibt, hängt von der Phasenlage bzw. Polung der Signale selbst und davon ab, ob eine Invertierung im Oszilloskop vorgenommen wurde.

Gleichphasige Eingangsspannungen:

Kanal II nicht invertiert = Summe.
Kanal II invertiert (INV) = Differenz.

Gegenphasige Eingangsspannungen:

Kanal II nicht invertiert = Differenz.
Kanal II invertiert (INV) = Summe.

In der **ADD**-Betriebsart ist die vertikale Strahllage von der **Y-POS.**-Einstellung beider Kanäle abhängig. Das heißt die **Y.POS.**-Einstellung wird addiert, kann aber nicht mit **INVERT** beeinflußt werden.

Signalspannungen zwischen zwei hochliegenden Schaltungspunkten werden oft im Differenzbetrieb beider Kanäle gemessen. Als Spannungsabfall an einem bekannten Widerstand lassen sich so auch Ströme zwischen zwei hochliegenden Schaltungsteilen bestimmen. Allgemein gilt, daß bei der Darstellung von Differenzsignalen die Entnahme der beiden Signalspannungen nur mit Tastteilern absolut gleicher Impedanz und Teilung erfolgen darf. Für manche Differenzmessungen ist es vorteilhaft, die galvanisch mit dem Schutzleiter verbundenen Massekabel beider Tastteiler nicht mit dem Meßobjekt zu verbinden. Hierdurch können eventuelle Brumm- oder Gleichtaktstörungen verringert werden.

XY-Betrieb

Das für diese Betriebsart wichtigste Bedienelement ist die mit DUAL und XY bezeichnete Drucktaste (22). Die folgende Beschreibung bezieht sich auf den XY-Analogbetrieb.
Die Betriebsartenumschaltung ist im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" unter Punkt (22) beschrieben. Er enthält auch Informationen über das abweichende Verhalten einiger Bedienelemente im XY-Digitalbetrieb.

In dieser Betriebsart ist die Zeitbasis abgeschaltet. Die X-Ablenkung wird mit dem über den Eingang von Kanal I (**HOR. INP. (X)** = Horizontal-Eingang) zugeführten Signal vorgenommen. Eingangsteiler und Feinregler von Kanal I werden im **XY**-Betrieb für die Amplitudeneinstellung in X-Richtung benutzt. Zur horizontalen Positionseinstellung ist aber der **X-POS.**-Regler zu benutzen. Der Positionsregler von Kanal I ist im XY-Betrieb praktisch unwirksam. Die maximale Empfindlichkeit und die Eingangsimpedanz sind nun in beiden Ablenkrichtungen gleich. **Die X-Dehnung x10 ist unwirksam**. Bei Messungen im XY-Betrieb ist sowohl die obere Grenzfrequenz (-3dB) des X-Verstärkers, als auch die mit höheren Frequenzen zunehmende Phasendifferenz zwischen X und Y zu beachten (siehe Datenblatt).

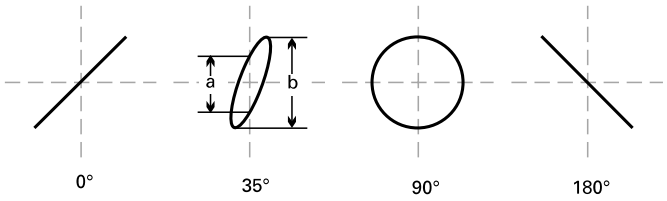
Eine Umpolung des Y-Signals durch Invertieren mit der INV-Taste von Kanal II ist möglich!

Der XY-Betrieb mit Lissajous-Figuren erleichtert oder ermöglicht gewisse Meßaufgaben:

- Vergleich zweier Signale unterschiedlicher Frequenz oder Nachziehen der einen Frequenz auf die Frequenz des anderen Signals bis zur Synchronisation. Das gilt auch noch für ganzzahlige Vielfache oder Teile der einen Signalfrequenz.
- Phasenvergleich zwischen zwei Signalen gleicher Frequenz.

Phasenvergleich mit Lissajous-Figur

Die folgenden Bilder zeigen zwei Sinus-Signale gleicher Frequenz und Amplitude mit unterschiedlichen Phasenwinkeln.



Die Berechnung des Phasenwinkels oder der Phasenverschiebung zwischen den X- und Y-Eingangsspannungen (nach Messung der Strecken a und b am Bildschirm) ist mit den folgenden Formeln und einem Taschenrechner mit Winkelfunktionen ganz einfach und übrigens unabhängig von den Ablenkamplituden auf dem Bildschirm.

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$$

Hierbei muß beachtet werden:

- Wegen der Periodizität der Winkelfunktionen sollte die rechnerische Auswertung auf Winkel ≤90° begrenzt werden. Gerade hier liegen die Vorteile der Methode.

- Keine zu hohe Meßfrequenz benutzen. Die im XY-Betrieb benutzten Meßverstärker weisen mit zunehmender Frequenz eine gegenseitige Phasenverschiebung auf. Oberhalb der im Datenblatt angegebenen Frequenz wird der Phasenwinkel von 3° überschritten.

- Aus dem Schirmbild ist nicht ohne weiteres ersichtlich, ob die Testspannung gegenüber der Bezugsspannung vor- oder nacheilt. Hier kann ein CR-Glied vor dem Testspannungseingang des Oszilloskops helfen. Als R kann gleich der 1MΩ-Eingangswiderstand dienen, so daß nur ein passender Kondensator C vorzuschalten ist. Vergrößert sich die Öffnungsweite der Ellipse (gegenüber kurzgeschlossenem C), dann eilt die Testspannung vor und umgekehrt. Das gilt aber nur im Bereich bis 90° Phasenverschiebung. Deshalb sollte C genügend groß sein und nur eine relativ kleine, gerade gut beobachtbare Phasenverschiebung bewirken.

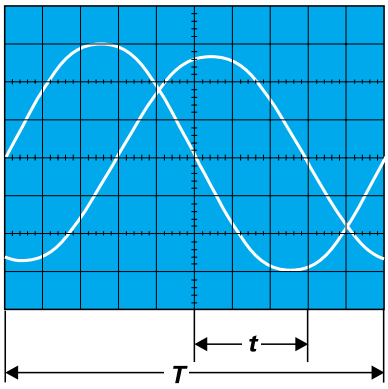
Falls im XY-Betrieb beide Eingangsspannungen fehlen oder ausfallen, wird ein sehr heller Leuchtpunkt auf dem Bildschirm abgebildet. Bei zu hoher Helligkeitseinstellung (**INTENS** - Knopf) kann dieser Punkt in die Leuchtschicht einbrennen, was entweder einen bleibenden Helligkeitsverlust, oder im Extremfall, eine vollständige Zerstörung der Leuchtschicht an diesem Punkt verursacht.

Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb (Yt)

Achtung:
Phasendifferenzmessungen sind im Zweikanal Yt-Betrieb nicht möglich, wenn alternierende Triggerung vorliegt.

Eine größere Phasendifferenz zwischen zwei Eingangssignalen gleicher Frequenz und Form läßt sich sehr einfach im **Yt-Zweikanalbetrieb** (DUAL) am Bildschirm messen. Die Zeitablenkung wird dabei von dem Signal getriggert, das als Bezug (Phasenlage 0) dient. Das andere Signal kann dann einen vor- oder nacheilenden Phasenwinkel haben. Die Ablesegenauigkeit wird hoch, wenn auf dem Schirm nicht viel mehr als eine Periode und etwa gleiche Bildhöhe beider Signale eingestellt wird. Zu dieser Einstellung können ohne Einfluß auf das Ergebnis auch die Feinregler für Amplitude und Zeitablenkung und der **LEVEL**-Knopf benutzt werden. Beide Zeitlinien werden vor der Messung mit den **Y-POS.**-Knöpfen auf die horizontale Raster-Mittellinie eingestellt. Bei sinusförmigen Signalen beobachtet man die Nulldurchgänge; die Sinuskuppen sind weniger geeignet. Ist ein Sinussignal durch geradzahlige Harmonische merklich verzerrt (Halbwellen nicht spiegelbildlich zur X-Achse) oder wenn eine Offset-Gleichspannung vorhanden ist, empfiehlt sich **AC**-Kopplung für beide Kanäle. Handelt es sich um Impulssignale gleicher Form, liest man an steilen Flanken ab.

Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb



t = Horizontalabstand der Nulldurchgänge in cm.
T = Horizontalabstand **für eine Periode** in cm.

Im Bildbeispiel ist t = 3cm und T = 10cm. Daraus errechnet sich eine Phasendifferenz in Winkelgraden von

$$\varphi° = \frac{t}{T} \cdot 360° = \frac{3}{10} \cdot 360° = 108°$$

oder in Bogengrad ausgedrückt

$$\arc \varphi° = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 1{,}885 \text{ rad}$$

Relativ kleine Phasenwinkel bei nicht zu hohen Frequenzen lassen sich genauer im XY-Betrieb mit Lissajous-Figur messen.

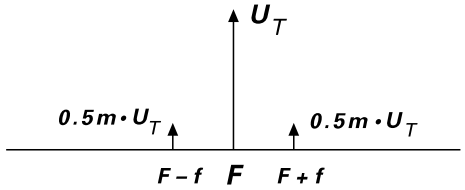
Messung einer Amplitudenmodulation

Die momentane Amplitude u im Zeitpunkt t einer HF-Trägerspannung, die durch eine sinusförmige NF-Spannung unverzerrt amplitudenmoduliert ist, folgt der Gleichung

$$u = U_T \cdot \sin\Omega t + 0{,}5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega-\omega)\, t - 0{,}5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega+\omega)t$$

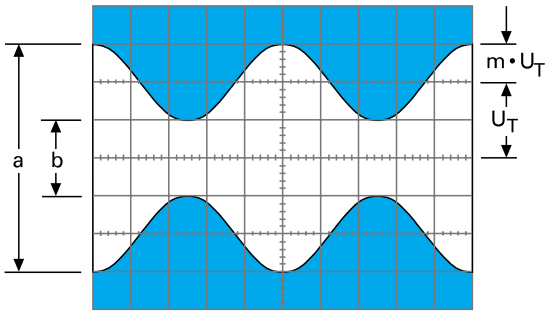
Hierin ist
U_T = unmodulierte Trägeramplitude,
Ω = $2\pi F$ = Träger-Kreisfrequenz,
ω = $2\pi f$ = Modulationskreisfrequenz,
m = Modulationsgrad (i.a. ≤1º 100%).

Neben der Trägerfrequenz F entstehen durch die Modulation die untere Seitenfrequenz F-f und die obere Seitenfrequenz F+f.



Figur 1:
Spektrumsamplituden und -frequenzen bei AM (m = 50%)

Das Bild der amplitudenmodulierten HF-Schwingung kann mit dem Oszilloskop sichtbar gemacht und ausgewertet werden, wenn das Frequenzspektrum innerhalb der Oszilloskop-Bandbreite liegt. Die Zeitbasis wird so eingestellt, daß mehrere Wellenzüge der Modulationsfrequenz sichtbar sind. Genau genommen sollte mit Modulationsfrequenz (vom NF-Generator oder einem Demodulator) extern getriggert werden. Interne Triggerung ist unter Zuhilfenahme des Zeit-Feinstellers oft möglich.



Figur 2
Amplitudenmodulierte Schwingung:
F = 1MHz; f = 1kHz;
m = 50%; UT = 28,3mVeff.

Oszilloskop-Einstellung für ein Signal entsprechend Figur 2:
Kanal I-Betrieb. Y: CH I; 20mV/cm; AC.
TIME/DIV.: 0.2ms/cm.
Triggerung: NORMAL; AC; int. mit Zeit-Feinsteller
(oder externe Triggerung).
Liest man die beiden Werte a und b vom Bildschirm ab, so errechnet sich der Modulationsgrad aus

$$m=\frac{a-b}{a+b} \quad \text{bzw.} \quad m=\frac{a-b}{a+b}\cdot 100\ [\%]$$

Hierin ist **a = UT (1+m)** und **b = UT (1-m)**.

Bei der Modulationsgradmessung können die Feinstellfunktionen für Amplitude und Zeit beliebig eingestellt sein. Ihre Stellung geht nicht in das Ergebnis ein.

Triggerung und Zeitablenkung

Die für diese Funktionen wichtigsten Bedienelemente befinden sich rechts von den VOLTS/DIV.-Drehknöpfen. Sie sind im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" beschrieben.

Die zeitliche Änderung einer zu messenden Spannung (Wechselspannung) ist im Yt-Betrieb darstellbar. Hierbei lenkt das Meßsignal den Elektronenstrahl in Y-Richtung ab, während der Zeitablenkgenerator den Elektronenstrahl mit einer konstanten, aber wählbaren Geschwindigkeit von links nach rechts über den Bildschirm bewegt (Zeitablenkung).

Im allgemeinen werden sich periodisch wiederholende Spannungsverläufe mit sich periodisch wiederholender Zeitablenkung dargestellt. Um eine "stehende" auswertbare Darstellung zu erhalten, darf der jeweils nächste Start der Zeitablenkung nur dann erfolgen, wenn die gleiche Position (Spannungshöhe und Flankenrichtung) des Signalverlaufes vorliegt, an dem die Zeitablenkung auch zuvor ausgelöst (getriggert) wurde.

Anmerkung:
Reine Gleichspannungen können die Triggerung nicht auslösen, da sie keine zeitlichen Änderungen aufweisen und somit auch keine Flanke vorliegt auf die getriggert werden könnte.

Die Triggerung kann durch das Meßsignal selbst (interne Triggerung) oder durch eine extern zugeführte mit dem Meßsignal synchrone Spannung erfolgen (externe Triggerung).

Die zur Triggerung benötigte Mindestamplitude des Triggersignals nennt man Triggerschwelle, die mit einem Sinussignal bestimmbar ist. Bei interner Triggerung wird die Triggerspannung dem Meßsignal des als Triggerquelle gewählten Meßverstärkers (nach dem Teilerschalter) entnommen. Die Mindestamplitude (Triggerschwelle) wird bei interner Triggerung in Millimetern (mm) spezifiziert und bezieht sich auf die vertikale Auslenkung auf dem Bildschirm. Damit wird vermieden, daß für jede Teilerschalterstellung unterschiedliche Spannungswerte berücksichtigt werden müssen.

Wird die Triggerspannung extern zugeführt, ist sie an der entsprechenden Buchse in Vss zu messen. In gewissen Grenzen kann die Triggerspannung viel höher sein als an der Triggerschwelle. Im allgemeinen sollte der 20fache Wert nicht überschritten werden.

Das Oszilloskop hat zwei Trigger-Betriebsarten, die nachstehend beschrieben werden.

Automatische Spitzenwert-Triggerung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (15)**, **LEVEL (17)** und **TRIG. MODE (26)** unter "Bedienelemente und Readout" zu entnehmen. Mit dem Betätigen der **AUTO SET** -Taste wird automatisch diese Triggerart eingeschaltet. Bei DC-Triggerkopplung und bei alternierender Triggerung wird die Spitzenwerterfassung automatisch abgeschaltet; die Funktion der Trigger-Automatik bleibt dabei erhalten.

Die Zeitablenkung wird bei automatischer Spitzenwert-Triggerung auch dann periodisch ausgelöst, wenn keine Meßwechselspannung oder externe Triggerwechselspannung anliegt. Ohne Meßwechselspannung sieht man dann eine Zeitlinie (von der ungetriggerten, also freilaufenden Zeitablenkung), die auch eine Gleichspannung anzeigen kann.

Bei anliegender Meßspannung beschränkt sich die Bedienung im wesentlichen auf die richtige Amplituden- und Zeitbasis-Einstellung bei immer sichtbarem Strahl.

Der Triggerpegel-Einsteller ist bei automatischer Spitzenwert-Triggerung wirksam. Sein Einstellbereich stellt sich automatisch auf die Spitze-Spitze-Amplitude des gerade angelegten Signals ein und wird damit unabhängiger von der Signal-Amplitude und -Form.

Beispielsweise darf sich das Tastverhältnis von rechteckförmigen Spannungen zwischen 1 : 1 und ca. 100 : 1 ändern, ohne daß die Triggerung ausfällt.

Es ist dabei unter Umständen erforderlich, daß der **Triggerpegel-Einsteller** fast an das Einstellbereichsende zu stellen ist. Bei der nächsten Messung kann es erforderlich werden, den **Triggerpegel-Einsteller** anders einzustellen.

Diese Einfachheit der Bedienung empfiehlt die automatische Spitzenwert-Triggerung für alle unkomplizierten Meßaufgaben. Sie ist aber auch die geeignete Betriebsart für den ‚Einstieg" bei diffizilen Meßproblemen, nämlich dann, wenn das Meßsignal selbst in Bezug auf Amplitude, Frequenz oder Form noch weitgehend unbekannt ist.

Die automatische Spitzenwert-Triggerung ist unabhängig von der Triggerquelle und ist, sowohl bei interner wie auch externer Triggerung anwendbar. Sie arbeitet oberhalb 20Hz.

Normaltriggerung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (15)**, **LEVEL (17)** und **TRIG. MODE (26)** unter "Bedienelemente und Readout" zu entnehmen. Hilfsmittel zur Triggerung sehr schwieriger Signale sind die Zeit-Feinsteinstellung **(VAR.)** und die HOLDOFF-Zeiteinstellung.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf den Analogbetrieb. Im Digitalbetrieb vorliegende Abweichungen sind in den zuvor erwähnten Absätzen unter „Bedienelemente und Readout" beschrieben.

Mit Normaltriggerung und passender Triggerpegel-Einstellung kann die Auslösung bzw. Triggerung der Zeitablenkung an jeder Stelle einer Signalflanke erfolgen. Der mit dem Triggerpegel-Knopf erfaßbare Triggerbereich ist stark abhängig von der Amplitude des Triggersignals.

Ist bei interner Triggerung die Bildhöhe kleiner als 1cm, erfordert die Einstellung wegen des kleinen Fangbereichs etwas Feingefühl. Bei falscher Triggerpegel-Einstellung und/oder bei fehlendem Triggersignal wird die Zeitbasis nicht gestartet und es erfolgt keine Strahldarstellung. Mit Normaltriggerung sind auch komplizierte Signale triggerbar. Bei Signalgemischen ist die Triggermöglichkeit abhängig von gewissen periodisch wiederkehrenden Pegelwerten, die u.U. erst bei gefühlvollem Drehen des Triggerpegel-Einstellers gefunden werden.

Flankenrichtung

Die mit der Drucktaste (15) eingestellte (Trigger-) Flankenrichtung wird im Readout angezeigt. Siehe auch "Bedienelemente und Readout". Die Flankenrichtungseinstellung wird durch **AUTO SET** nicht beeinflußt.
Die Triggerung kann bei automatischer und bei Normaltriggerung wahlweise mit einer steigenden oder einer fallenden Triggerspannungsflanke einsetzen. Steigende Flanken liegen vor, wenn Spannungen, vom negativen Potential kommend, zum positiven Potential ansteigen. Das hat mit Null- oder Massepotential und absoluten Spannungswerten nichts zu tun. Die positive Flankenrichtung kann auch im negativen Teil einer Signalkurve liegen. Eine fallende Flanke löst die Triggerung sinngemäß aus. Dies gilt bei automatischer und bei Normaltriggerung.

Triggerkopplung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (15), LEVEL (17)** und **TRIG. MODE (26)** unter "Bedienelemente und Readout" zu entnehmen. Mit **AUTO SET** wird immer auf AC-Triggerkopplung geschaltet. Die Durchlaß-Frequenzbereiche der Triggerkopplungsarten sind dem "Datenblatt" entnehmbar. Bei interner DC- oder LF-Triggerkopplung sollte immer mit Normaltriggerung und Triggerpegel-Einstellung gearbeitet werden.

Die Ankopplungsart und der daraus resultierende Durchlaß-Frequenzbereich des Triggersignals können mit der Triggerkopplung bestimmt werden.

AC: Ist die am häufigsten zum Triggern benutzte Kopplungsart. Unterhalb und oberhalb des Durchlaß-Frequenzbereiches steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC: Bei DC-Triggerung gibt es keine untere Frequenzbereichsgrenze, da das Triggersignal galvanisch an die Triggereinrichtung angekoppelt wird. Diese Triggerkopplung ist dann zu empfehlen, wenn bei ganz langsamen Vorgängen auf einen bestimmten Pegelwert des Meßsignals getriggert werden soll, oder wenn impulsartige Signale mit sich während der Beobachtung ständig ändernden Tastverhältnissen dargestellt werden müssen.

HF: Der Durchlaß-Frequenzbereich in dieser Triggerkopplungsart entspricht einem Hochpaß. HF-Triggerkopplung ist für alle hochfrequenten Signale günstig. Gleichspannungsschwankungen und tieffrequentes (Funkel-) Rauschen der Triggerspannung werden unterdrückt, was sich günstig auf die Stabilität der Triggerung auswirkt.

LF: Mit LF-Triggerkopplung liegt Tiefpaßverhalten vor. In Verbindung mit Normaltriggerung gibt es wie bei DC-Triggerkopplung keine untere Grenze des Durchlaß-Frequenzbereichs (galvanische Kopplung). In Kombination mit automatischer (Spitzenwert) Triggerung wird das Triggersignal bei LF-Triggerkopplung über einen Kondensator angekoppelt. Dadurch gibt es eine untere Grenzfrequenz, die aber unter der Wiederholfrequenz der Triggerautomatik liegt und deshalb nicht stört.

Die LF-Triggerkopplung ist häufig für niederfrequente Signale besser geeignet als die DC-Triggerkopplung, weil Rauschgrößen innerhalb der Triggerspannung stark unterdrückt werden. Das vermeidet oder verringert im Grenzfall Jittern oder Doppelschreiben, insbesondere bei sehr kleinen Eingangsspannungen. Oberhalb des Durchlaß-Frequenzbereiches steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

TVL (TV-Zeile): siehe folgenden Absatz, TV (Zeilensynchronimpuls-Triggerung)

TVF (TV-Bild): siehe folgenden Absatz, TV (Bildsynchronimpuls-Triggerung)

~ (LINE - Netztriggerung) : siehe Absatz "Netztriggerung"

TV (Videosignal-Triggerung)
Mit der Umschaltung auf TVL oder TVF wird der TV-Synchronimpuls-Separator wirksam. Er trennt die Synchronimpulse vom Bildinhalt und ermöglicht eine von Bildinhaltsänderungen unabhängige Triggerung von Videosignalen.

Abhängig vom Meßpunkt sind Videosignale (FBAS- bzw. BAS-Signale = Farb-Bild-Austast-Synchron-Signale) als positiv oder negativ gerichtetes Signal zu messen. Nur bei richtiger Einstellung der (Trigger-) Flankenrichtung werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt getrennt.

Die Flankenrichtung der Vorderflanke der Synchronimpulse ist für die Einstellung der Flankenrichtung maßgebend; dabei darf die Signaldarstellung nicht invertiert sein. Ist die Spannung der Synchronimpulse am Meßpunkt positiver als der Bildinhalt, muß steigende Flankenrichtung gewählt werden. Befinden sich die Synchronimpulse unterhalb des Bildinhalts, ist deren Vorderflanke fallend. Dann muß die fallende Flankenrichtung gewählt werden. Bei falscher Flankenrichtungswahl erfolgt die Darstellung unstabil bzw. ungetriggert, da dann der Bildinhalt die Triggerung auslöst.

Die Videosignaltriggerung sollte mit automatischer Triggerung erfolgen. Bei interner Triggerung muß die Signalhöhe der Synchronimpulse mindestens 5mm betragen.

Das Synchronsignal besteht aus Zeilen- und Bildsynchronimpulsen, die sich unter anderem auch durch ihre Pulsdauer unterscheiden. Sie beträgt bei Zeilensynchronimpulsen ca. 5µs im zeitlichen Abstand von 64µs. Bildsynchronimpulse bestehen aus mehreren Pulsen, die jeweils ca. 28µs lang sind und mit jedem Halbbildwechsel im Abstand von 20ms vorkommen. Beide Synchronimpulsarten unterscheiden sich somit durch ihre Zeitdauer und durch ihre Wiederholfrequenz. Es kann sowohl mit Zeilen- als auch mit Bildsynchronimpulsen getriggert werden.

Bildsynchronimpuls-Triggerung

Achtung: Bei Bildsynchronimpuls-Triggerung in Verbindung mit geschaltetem (gechoppten) DUAL-Betrieb können in der Signaldarstellung Interferenzstörungen sichtbar werden. Es sollte dann auf alternierenden DUAL-Betrieb umgeschaltet werden. Unter Umständen sollte auch das Readout abgeschaltet werden.

Es ist ein dem Meßzweck entsprechender Zeit-Ablenkkoeffizient im TIME / DIV.-Feld zu wählen. Bei der 2ms/div.-Einstellung wird ein vollständiges Halbbild dargestellt. Am linken Bildrand ist ein Teil der auslösenden Bildsynchronimpulsfolge und am rechten Bildschirmrand der aus mehreren Pulsen bestehende Bildsynchronimpuls für das nächste Halbbild zu sehen. Das nächste Halbbild wird unter diesen Bedingungen nicht dargestellt. Der diesem Halbbild folgende Bildsynchronimpuls löst erneut die Triggerung und die Darstellung aus. Ist die kleinste HOLDOFF-Zeit eingestellt, **wird unter diesen Bedingungen jedes 2. Halbbild angezeigt.** Auf welches Halbbild getriggert wird unterliegt dem Zufall.

Durch kurzzeitiges Unterbrechen der Triggerung kann auch zufällig auf das andere Halbbild getriggert werden. Eine Dehnung der Darstellung kann durch Einschalten der X-MAG. x10 Funktion erreicht werden; damit werden einzelne Zeilen erkennbar. Vom Bildsynchronimpuls ausgehend kann eine X-Dehnung auch mit dem TIME/DIV.-Knopf vorgenommen werden. Es ist aber zu beachten, daß sich daraus eine scheinbar ungetriggerte Darstellung ergibt, weil dann jedes Halbbild die Triggerung auslöst. Das ist bedingt durch den Versatz (1/2 Zeile) zwischen beiden Halbbildern.

Zeilensynchronimpuls-Triggerung

Die Zeilensynchronimpuls-Triggerung kann durch jeden Synchronimpuls erfolgen. Um einzelne Zeilen darstellen zu können, ist die **TIME/DIV**.-Einstellung von 10µs/div. empfehlenswert. Es werden dann ca. 1½ Zeilen sichtbar. Im allgemeinen hat das komplette Videosignal einen starken Gleichspannungsanteil. Bei konstantem Bildinhalt (z.B. Testbild oder Farbbalkengenerator) kann der Gleichspannungsanteil ohne weiteres durch **AC-Eingangskopplung** des Oszilloskop-Verstärkers unterdrückt werden.

Bei wechselndem Bildinhalt (z.B. normales Programm) empfiehlt sich aber **DC-Eingangskopplung**, weil das Signalbild sonst mit jeder Bildinhaltsänderung die vertikale Lage auf dem Bildschirm ändert. Mit dem **Y-Positionseinstell**er kann der Gleichspannungsanteil immer so kompensiert werden, daß das Signalbild in der Bildschirmrasterfläche liegt.

Die Sync-Separator-Schaltung wirkt ebenso bei externer Triggerung. Selbstverständlich muß der Spannungsbereich (**siehe "Datenblatt"**) für die externe Triggerung eingehalten werden. Ferner ist auf die richtige Flankenrichtung zu achten, die bei externer Triggerung nicht unbedingt mit der Richtung des (am Y-Eingang anliegenden) Signal-Synchronimpulses übereinstimmen muß. Beides kann leicht kontrolliert werden, wenn die externe Triggerspannung selbst erst einmal (bei interner Triggerung) dargestellt wird.

Netztriggerung

Diese Triggerart liegt vor, wenn die **~** -LED **(26)** leuchtet. Bei Netztriggerung wird das Triggerpegel-Symbol nicht im Readout angezeigt. Zur Triggerung mit Netzfrequenz wird eine Spannung aus dem Netzteil als netzfrequentes Triggersignal (50/60Hz) genutzt.

Diese Triggerart ist unabhängig von Amplitude und Frequenz des Y-Signals und empfiehlt sich für alle Signale, die netzsynchron sind. Dies gilt ebenfalls in gewissen Grenzen für ganzzahlige Vielfache oder Teile der Netzfrequenz. Die Netztriggerung erlaubt eine Signaldarstellung auch unterhalb der Triggerschwelle. Sie ist deshalb u.a. besonders geeignet zur Messung kleiner Brummspannungen von Netzgleichrichtern oder netzfrequenten Einstreuungen in eine Schaltung.

Im Gegensatz zur üblichen, flankenrichtungsbezogenen Triggerung, wird bei Netztriggerung mit der Flankenrichtungsumschaltung zwischen der positiven und der negativen Halbwelle gewählt (evtl. Netzstecker umpolen) und nicht die Flankenrichtung. Der Triggerpegel kann mit dem dafür vorgesehenen Einsteller über einen gewissen Bereich der gewählten Halbwelle verschoben werden.

Netzfrequente magnetische Einstreuungen in eine Schaltung können mit einer Spulensonde nach Richtung (Ort) und Amplitude untersucht werden. Die Spule sollte zweckmäßig mit möglichst vielen Windungen dünnen Lackdrahtes auf einen kleinen Spulenkörper gewickelt und über ein geschirmtes Kabel an einen BNC-Stecker (für den Oszilloskop-Eingang) angeschlossen werden. Zwischen Stecker- und Kabel-Innenleiter ist ein kleiner Widerstand von mindestens 100Ω einzubauen (Hochfrequenz-Entkopplung). Es kann zweckmäßig sein, auch die Spule außen statisch abzuschirmen, wobei keine Kurzschlußwindungen auftreten dürfen. Durch Drehen der Spule in zwei Achsrichtungen lassen sich Maximum und Minimum am Meßort feststellen.

Alternierende Triggerung

Diese Triggerart kann mit der **TRIG**. -Taste **(23)** eingeschaltet werden. Bei alternierender Triggerung wird das Triggerpegel-Symbol nicht im Readout angezeigt. Siehe "Bedienelemente und Readout".

Die alternierende Triggerung ist dann sinnvoll einsetzbar, wenn die getriggerte Darstellung von zwei Signalen, die asynchron zueinander sind, erfolgen soll. Die alternierende Triggerung kann nur dann richtig arbeiten, wenn die Kanalumschaltung alternierend erfolgt. Mit alternierender Triggerung kann eine Phasendifferenz zwischen beiden Eingangssignalen nicht mehr ermittelt werden. Zur Vermeidung von Triggerproblemen, bedingt durch Gleichspannungsanteile, ist

AC-Eingangskopplung für beide Kanäle empfehlenswert. Die interne Triggerquelle wird bei alternierender Triggerung entsprechend der alternierenden Kanalumschaltung nach jedem Zeitablenkvorgang umgeschaltet. Daher muß die Amplitude beider Signale für die Triggerung ausreichen.

Externe Triggerung

Die externe Triggerung wird mit der **TRIG.** -Taste (23) eingeschaltet. Mit der Umschaltung auf diese Triggerart wird das Triggerpegel-Symbol abgeschaltet. Mit dem Einschalten dieser Triggerart wird die interne Triggerung abgeschaltet. Über die entsprechende BNC-Buchse kann jetzt extern getriggert werden, wenn dafür eine Spannung von $0{,}3V_{ss}$ bis $3V_{ss}$ zur Verfügung steht, die synchron zum Meßsignal ist. Diese Triggerspannung darf durchaus eine völlig andere Kurvenform als das Meßsignal haben. Die Triggerung ist in gewissen Grenzen sogar mit ganzzahligen Vielfachen oder Teilen der Meßfrequenz möglich; Phasenstarrheit ist allerdings Bedingung. Es ist aber zu beachten, daß Meßsignal und Triggerspannung trotzdem einen Phasenwinkel aufweisen können. Ein Phasenwinkel von z.B. 180° wirkt sich dann so aus, daß trotz positiver (Trigger) Flankenwahl die Darstellung des Meßsignals mit einer negativen Flanke beginnt.

Die maximale Eingangsspannung an der BNC-Buchse beträgt 100V (DC+Spitze AC).

Triggeranzeige „TR“

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die LED-Anzeige, die unter Punkt (16) im Absatz “Bedienelemente und Readout” aufgeführt ist. Sowohl bei automatischer- (AT) wie auch bei Normal- (NM) Triggerung wird der getriggerte Zustand der Zeitablenkung durch die TR-LED angezeigt. Sie leuchtet wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Das interne bzw. externe Triggersignal muß in ausreichender Amplitude (Triggerschwelle) am Triggerkomparator anliegen.

2. Die Referenzspannung am Komparator (Triggerpegel) muß es ermöglichen, daß Signalflanken den Triggerpegel unter- und überschreiten.

Dann stehen Triggerimpulse am Komparatorausgang für den Start der Zeitbasis und für die Triggeranzeige zur Verfügung. Die Triggeranzeige erleichtert die Einstellung und Kontrolle der Triggerbedingungen, insbesondere bei sehr niederfrequenten (Normal-Triggerung verwenden) oder sehr kurzen impulsförmigen Signalen.

Die triggerauslösenden Impulse werden durch die Triggeranzeige ca. 100ms lang gespeichert und angezeigt. Bei Signalen mit extrem langsamer Wiederholrate ist daher das Aufleuchten der LED mehr oder weniger impulsartig. Außerdem blitzt dann die Anzeige nicht nur beim Start der Zeitablenkung am linken Bildschirmrand auf, sondern - bei Darstellung mehrerer Kurvenzüge auf dem Schirm - bei jedem Kurvenzug.

Holdoff-Zeiteinstellung

Gerätespezifische Informationen sind dem Absatz **DEL.POS.-HO** - LED **(27)** unter “Bedienelemente und Readout” zu entnehmen. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf den Analogbetrieb. Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen auch nach mehrmaligem gefühlvollen Durchdrehen des **LEVEL-**Knopfes bei Normaltriggerung kein stabiler Triggerpunkt gefunden wird, kann in vielen Fällen eine stabile Triggerung durch Betätigung des HO - Knopfes erreicht werden. Mit dieser Einrichtung kann die Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei Zeit-Ablenkperioden im Verhältnis von ca. 10:1 kontinuierlich vergrößert werden. Triggerimpulse die innerhalb dieser Sperrzeit auftreten, können den Start der Zeitbasis nicht auslösen. Besonders bei Burst-Signalen oder aperiodischen Impulsfolgen gleicher Amplitude kann der Beginn der Triggerphase dann auf den jeweils günstigsten oder erforderlichen Zeitpunkt eingestellt werden.

Ein stark verrauschtes oder ein durch eine höhere Frequenz gestörtes Signal wird manchmal doppelt dargestellt. Unter Umständen läßt sich mit der Triggerpegel-Einstellung nur die gegenseitige Phasenverschiebung beeinflussen, aber nicht die Doppeldarstellung. Die zur Auswertung erforderliche stabile Einzeldarstellung des Signals ist aber durch die Vergrößerung der HOLD OFF-Zeit leicht zu erreichen. Hierzu ist die HOLD OFF-Zeit langsam zu erhöhen, bis nur noch ein Signal abgebildet wird. Eine Doppeldarstellung ist bei gewissen Impulssignalen möglich, bei denen die Impulse abwechselnd eine kleine Differenz der Spitzenamplituden aufweisen. Nur eine ganz genaue **Triggerpegel**-Einstellung ermöglicht die Einzeldarstellung. Die HOLD OFF-Zeiteinstellung vereinfacht auch hier die richtige Einstellung.

Nach Beendigung dieser Arbeit sollte die HOLD OFF-Zeit unbedingt wieder auf Minimum zurückgedreht werden, weil sonst u.U. die Bildhelligkeit drastisch reduziert ist.

Die Arbeitsweise ist aus folgenden Abbildungen ersichtlich.

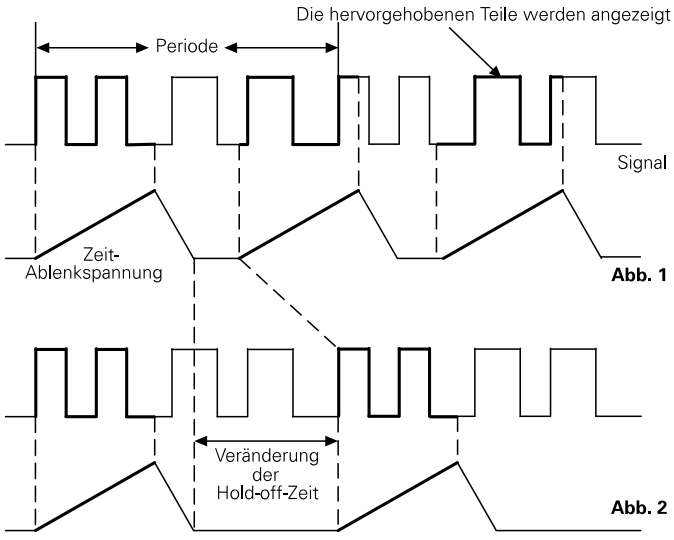


Abb.1: zeigt das Schirmbild bei minimaler HOLD-OFF-Zeit (Grundstellung). Da verschiedene Teile des Kurvenzuges angezeigt werden, wird kein stehendes Bild dargestellt (Doppelschreiben).

Abb. 2: Hier ist die Holdoff-Zeit so eingestellt, daß immer die gleichen Teile des Kurvenzuges angezeigt werden. Es wird ein stehendes Bild dargestellt.

Ablenkverzögerung / After Delay Triggerung

Diese Funktionen werden nur im Analog-Zeitbasisbetrieb ermöglicht.

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **DEL.POS. / HO** -LED (27), **SEA./DEL. - ON/OFF** (29) und **DEL.TRIG. / VAR.** (30) unter “Bedienelemente und Readout” zu entnehmen.

Wie im Absatz “Triggerung und Zeitablenkung” beschrieben, löst die Triggerung den Start der Zeitablenkung aus. Der zuvor nicht sichtbare Elektronenstrahl wird hellgetastet (sichtbar) und von links nach rechts abgelenkt, bis die maximale Ablenkung erfolgte. Danach wird der Strahl dunkelgetastet und es

erfolgt der Strahlrücklauf (zurück in die Strahlstartposition). Nach Ablauf der Holdoff-Zeit kann dann die Zeitablenkung erneut durch die Triggerautomatik bzw. ein Triggersignal gestartet werden.

Da sich der Triggerpunkt immer am Strahlstart befindet, kann eine X-Dehnung der Signaldarstellung durch eine höhere Zeitablenkgeschwindigkeit (kleiner Zeit-Ablenkkoeffizient - TIME / DIV.) - nur von diesem Punkt beginnend - vorgenommen werden. Bestimmte Signalanteile, die zuvor weiter rechts dargestellt wurden, sind dann in vielen Fällen nicht mehr darstellbar. Die Ablenkverzögerung löst derartige Probleme.

Mit der Ablenkverzögerung kann die Auslösung der Zeitablenkung ab dem Triggerpunkt um eine vorwählbare Zeit verzögert werden. Damit besteht die Möglichkeit, praktisch an jeder Stelle einer Signalperiode mit der Zeitablenkung zu beginnen. Der dem verzögerten Start der Zeitablenkung folgende Zeitabschnitt läßt sich durch Erhöhung der Ablenkgeschwindigkeit stark gedehnt darstellen (Zeit-Ablenkkoeffizient verringern). Mit zunehmender Dehnung verringert sich die Bildhelligkeit. Sie kann im Bedarfsfall erhöht werden (INTENS.-Regler weiter nach rechts drehen). Wird das dargestellte Signal in X-Richtung unruhig dargestellt (jittern), besteht die Möglichkeit, dies durch nochmaliges Triggern nach Ablauf der Delay-Zeit zu verhindern.

Bei der Darstellung von Videosignalen besteht die Möglichkeit auf Bildsynchronimpulse zu triggern (TV-F). Nach Ablauf der vom Benutzer eingestellten Delay-Zeit, kann anschließend auf eine dann folgende Zeile (nach)getriggert werden (DTR). Damit sind z.B. Prüf- oder Datenzeilen einzeln darstellbar.

Die Handhabung der Ablenkverzögerung ist relativ einfach. Ausgehend vom normalen Betrieb, ohne Ablenkverzögerung, wird das zu verzögernde Signal zunächst mit 1 bis 3 Grundperioden dargestellt. Die Darstellung nur eines Teils einer Periode begrenzt die Wahl des gedehnten Zeitabschnitts und erschwert unter Umständen die Triggerung. Dagegen läßt sich der Bereich von 1 bis 3 Grundperioden mit TIME / DIV. einstellen. Hierbei sollte man die X-Dehnung x 10 abschalten und mit kalibrierter Zeitbasis arbeiten. Die Triggerung muß für den weiteren Verlauf auf eine gut triggernde Flanke eingestellt sein.

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß der Strahlstart am linken Rasterrand erfolgt, unverzögerter Zeitbasisbetrieb vorliegt und die X-Dehnung x10 abgeschaltet ist.

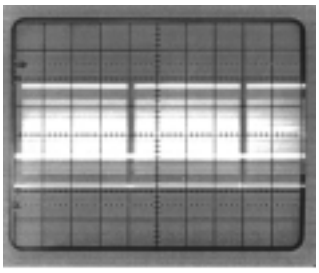


Bild 1 (FBAS-Signal)
MODE: kein Delay
TIME / DIV. : 5ms/cm
Triggerkopplung: TV-F
Triggerflanke: fallend (\ )

Mit dem Umschalten auf SEARCH zeigt das Readout „SE“ an und ein Teil des Strahls ist nicht mehr sichtbar. Sofern vorher eine verlängerte Holdoff-Zeit Einstellung vorlag, wird sie automatisch auf Minimum gesetzt (siehe Holdoff-Zeiteinstellung).

Nun kann die Verzögerungszeit mit dem TIME / DIV.-Drehknopf grob und dem DEL.POS.-Knopf fein eingestellt werden. Dabei wird der Strahlstart noch nicht verzögert, sondern die Verzögerungszeit durch das Abschalten des Elektronenstrahls sichtbar gemacht; d.h. die sichtbare Strahllänge wird verkürzt.

Befindet sich der DEL. POS.-Knopf am „Linksanschlag“, wird der Strahl auf den ersten zwei Zentimetern am linken Rand dunkel. Dieser Bereich vergrößert sich um ca. 4cm, wenn der DEL. POS.-Einsteller ganz nach rechts gedreht wird. Die Verzögerungszeit ist so einzustellen, daß die Strahllinie möglichst kurz vor dem zu vergrößernden Zeitabschnitt beginnt. Ist die Verzögerungszeit (maximal ca. 6cm x Ablenkkoeffizient) nicht ausreichend, um bis zu dem später zu vergrößernden Signalteil zu gelangen, kann der Ablenkkoeffizient vergrößert werden. Mit anliegendem Signal wir dabei sichtbar, daß daraus ein größerer Ablenkkoeffizient resultiert; d.h. die Ablenkgeschwindigkeit wird verringert.

Die Verzögerungszeiteinstellung erfolgt relativ, d.h. bezogen auf den Ablenkkoeffizienten (siehe Bild 2).

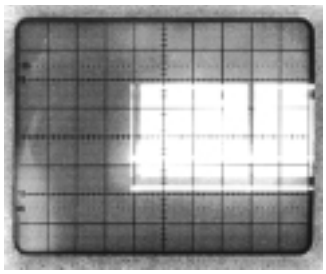


Bild 2

MODE: SEA
(SEARCH = suchen)
TIME / DIV. : 5ms/cm
Triggerkopplung: TV-F
Triggerflanke: fallend (-)
Verzögerungszeit:
4cm x 5ms = 20ms

Bild 2 zeigt, daß die Verzögerungszeit auch meßbar ist. Sie ist identisch mit der eingestellten Verschiebung des Strahlanfangs. Man ermittelt sie durch Multiplikation des dunkelgetasteten Teils (horizontal) mit dem eingestellten Zeitkoeffizienten. Mit der Umschaltung von SEARCH auf DELAY wird wieder die gesamte Strahllänge, beginnend mit dem zuvor gewählten Zeitabschnitt, sichtbar, wenn der (gespeicherte) aktuelle Zeit-Ablenkkoeffizient nicht zu klein ist.

Ist wegen zu großer Dehnung (zu kleinem Ablenkkoeffizienten) der Strahl kaum oder gar nicht sichtbar, muß der Ablenkkoeffizient mit dem TIME / DIV.-Drehknopf vergrößert werden. Ein größerer Ablenkkoeffizient als der zuvor im SEARCH-Betrieb gewählte Wert kann nicht eingestellt werden.

Beispiel:
Der in Bild 2 in der SEARCH-Einstellung gewählte Wert beträgt 5ms/cm. Im DELAY-Betrieb mit ebenfalls 5ms/cm erfolgt deshalb eine verzögerte aber ungedehnte 1:1 Darstellung. Eine weitere Erhöhung des Ablenkkoeffizienten auf z.B. 10ms/cm wäre sinnlos und wird daher automatisch verhindert.

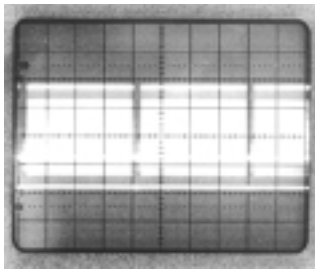
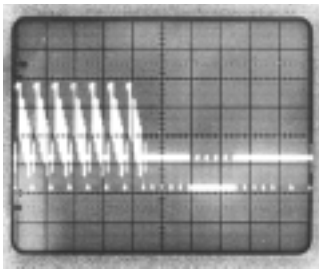


Bild 3
MODE: DEL
(DELAY = verzögern)
TIME / DIV. : 5ms/cm
Triggerkopplung: TV-F
Triggerflanke: fallend (-)
Verzögerungszeit:
4cm x 5ms = 20ms

Die Dehnung läßt sich nun mit der Einstellung des Ablenkkoeffizienten verändern. Mit dem DEL. POS.-Einsteller ist auch nachträglich eine Veränderung der Verzögerungszeit und damit eine Verschiebung des gedehnten Abschnitts in horizontaler Richtung möglich. Bild 4 zeigt, daß eine fünfzigfache Dehnung durch das Umschalten des Ablenkkoeffizienten (TIME / DIV.) von 5ms/cm auf 0.1ms/cm erreicht wurde. Mit der Dehnung erhöht sich die Ablesegenauigkeit bei Zeitmessungen.

Bild 4



MODE: DEL
(DELAY = verzögern)
TIME / DIV. : 0.1ms/cm
Triggerkopplung: TV-F
Triggerflanke: fallend (-)
Verzögerungszeit:
4cm x 5ms = 20ms

Die verzögerte und gedehnte Signaldarstellung kann nachgetriggert werden, wenn nach der Verzögerungszeit eine zum Triggern geeignete Signalflanke vorkommt. Dazu ist auf DEL.TRIG. (2. Triggerung nach Ablauf der Verzögerungszeit - After Delay Triggerung) zu schalten. Die vor dem Umschalten vorliegenden Einstellungen der Triggerart (automatische Spitzenwert-Triggerung / Normal-Triggerung), Triggerkopplung, der Trigger-LEVEL-Einstellung und der Flankenrichtung bleiben erhalten und lösen den Start der Verzögerungszeit aus. Bei "After Delay" Triggerung wird automatisch auf Normal-Triggerung (NM) und DC-Triggerkopplung (beide Anzeigen leuchten) geschaltet. Diese vorgegebenen Einstellungen können nicht verändert werden. Demgegenüber können der Triggerpegel (LEVEL) und die Triggerflankenrichtung verändert werden, um auf den gewünschten Signalanteil triggern zu können. Bei nicht zur Triggerung ausreichender Signalamplitude bzw. ungeeigneter Trigger-LEVEL-Einstellung erfolgt kein Strahlstart und der Bildschirm ist dunkel.

Bei geeigneten Einstellungen kann auch jetzt mit dem DELAY-Positions (DEL.POS.)-Einsteller eine Verschiebung des gedehnten Signals in X-Richtung vorgenommen werden. Dies erfolgt aber nicht, wie im ungetriggerten DELAY-Betrieb, kontinuierlich, sondern von Triggerflanke zu Triggerflanke springend und ist daher bei den meisten Signalen nicht zu erkennen. Im Falle der TV-Triggerung bedeutet dies, daß nicht nur auf Zeilensynchronimpulse, sondern auch auf in einer Zeile vorkommende Flanken getriggert werden kann.

Selbstverständlich ist die Dehnung nicht auf den im Beispiel gewählten Faktor 50 begrenzt. Eine Grenze bildet die mit zunehmender Dehnung abnehmende Strahlhelligkeit.

Der Umgang mit der Ablenkverzögerung, besonders bei schwierig darzustellenden Signalgemischen, bedarf einer gewissen Erfahrung. Die Aufzeichnung von Ausschnitten einfacher Signalarten ist dagegen von Anfang an problemlos. Der Einsatz der Ablenkverzögerung ist auch bei Zweikanalbetrieb und bei der Summen- und Differenzdarstellung möglich.

Achtung:
Erfolgt der DELAY-Betrieb im Zweikanalbetrieb (DUAL), ist es möglich, daß die Darstellung im gechoppten DUAL-Betrieb vorgenommen wird. Die ist der Fall, wenn zuvor bei SEARCH ein Zeitkoeffizient zwischen 50ms/cm und 0,5ms/cm eingestellt war, der die automatische Umschaltung auf gechoppten DUAL-Betrieb bewirkte.

Wird anschließend auf getriggerten oder ungetriggerten DELAY-Betrieb geschaltet, erfolgt auch bei Zeitkoeffizienten von 0,2ms/cm bis 50ns der gechoppte DUAL-Betrieb. Bei stark gedehnten Darstellungen kann die während der Strahlablenkung erfolgende Kanalumschaltung sichtbar werden (abwechselnde Darstellung von Kanal I und II). Mit gleichzeitigem Drücken der CHI- und der DUAL-Taste kann auf alternierenden DUAL-Betrieb umgeschaltet werden. Eine nachfolgende Änderung des Zeitkoeffizienten bewirkt wieder die gechoppte Darstellung, kann aber wieder aufgehoben werden.

Autoset

Gerätespezifische Informationen sind dem Absatz **AUTO SET** (**2**) unter "Bedienelemente und Readout" zu entnehmen. Die folgende Beschreibung gilt für den Analog- und Digital-Betrieb. Liegen **ROL-** oder **SGL- (SINGLE)** Betrieb vor, schaltet **AUTO SET** automatisch auf Refresch **(RFR-LED)**. **AUTO SET** ergibt nur dann eine sinnvolle automatische Oszilloskopeinstellung, wenn die Frequenz des anliegenden Meßsignales innerhalb der bei automatischer Triggerung vorgeegbenen Grenzen liegt. Wie bereits im Abschnitt "Bedienelemente und Readout" erwähnt, werden bis auf wenige Ausnahmen (**POWER**-Taste, Kalibratorfrequenz-Taste, sowie Focus- und **TR** (Strahldrehungs)-Einsteller) alle Bedienelemente elektronisch abgefragt. Sie lassen sich daher auch steuern. Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer automatischen, signalbezogenen Geräteeinstellung im Yt (Zeitbasis)-Betrieb, so daß in den meisten Fällen keine weitere manuelle Bedienung erforderlich ist.

AUTO SET schaltet immer auf Yt- (Zeitbasis) Betrieb.

Mit dem Betätigen der **AUTO SET**-Taste bleibt die zuvor gewählte Yt-Betriebsart unverändert, wenn Mono **CHI-**, **CHII-** oder **DUAL**-Betrieb vorlag. Im Falle von Additionsbetrieb wird automatisch auf DUAL geschaltet. Der bzw. die Y-Ablenkkoeffizienten (**VOLTS / DIV.**) werden automatisch so gewählt, daß die Signalamplitude im Mono (Einkanal)-Betrieb ca. 6cm nicht überschreitet, während im DUAL-Betrieb jedes Signal mit ca. 4cm Höhe dargestellt wird. Dieses, wie auch die Erläuterungen für die automatische Zeitkoeffizienten (**TIME / DIV.**)-Einstellung, gilt für Signale, die nicht zu stark vom Tastverhältnis 1:1 abweichen.

Die automatische Zeitkoeffizienten-Einstellung sorgt für eine Darstellung von ca. 2 Signalperioden. Bei Signalen mit unterschiedlichen Frequenzanteilen, wie z.B. Videosignalen, erfolgt die Einstellung zufällig.

Durch die Betätigung der **AUTO SET**-Taste werden folgende Betriebsbedingungen vorgegeben:

- Keine Änderung bei **AC**- bzw. **DC**-Eingangskopplung; **GD** wird abgeschaltet, dann letzte Einstellung (AC oder DC).
- Interne (vom Meßsignal abgeleitete) Triggerung.
- automatische Triggerung.
- **Triggerpegel**-Einstellung auf Bereichsmitte.
- Y-Ablenkoeffizient(en) kalibriert.
- Zeitbasis-Ablenkkoeffizient kalibriert.
- AC- bzw. DC-Triggerkopplung werden nicht geändert. Liegt eine andere Triggerkoppelung vor wird auf AC-Triggerkopplung geschaltet.
- **keine X-Dehnung x10**
- automatische X- und Y-Strahlpositionseinstellung

Die mit **AUTO SET** vorgegebenen Betriebsbedingungen überschreiben die vorherigen Einstellungen. Falls unkalibrierte Bedingungen vorlagen, wird durch **AUTO SET** automatisch in die kalibrierte Einstellung geschaltet. Anschließend kann die Bedienung wieder manuell erfolgen.

Die Ablenkkoeffizienten 1mV/cm und 2mV/cm werden, wegen der reduzierten Bandbreite in diesen Bereichen, im **AUTO SET**-Betrieb nicht gewählt.

Achtung:
Liegt ein pulsförmiges Signal an, dessen Tastverhältnis (Puls/Pause) einen Wert von ca. 400:1 erreicht oder überschreitet, ist in den meisten Fällen keine sinnvolle automatische Signaldarstellung mehr möglich. Der Y-Ablenkkoeffizient ist dann zu klein und der Zeit-Ablenkkoeffizient zu groß. Daraus resultiert, daß nur noch die

Strahllinie (Pause) dargestellt wird und der Puls nicht sichtbar ist.

In solchen Fällen empfiehlt es sich, auf Normaltriggerung umzuschalten und den Triggerpunkt ca. 5mm über oder unter die Strahllinie zu stellen. Leuchtet dann die Triggeranzeige-LED, liegt ein derartiges Signal an. Um das Signal sichtbar zu machen, muß zuerst ein kleinerer Zeit-Ablenkkoeffizient und danach ein größerer Y-Ablenkkoeffizient gewählt werden. Dabei kann sich allerdings die Strahlhelligkeit so stark verringern, daß der Puls nicht sichtbar wird.

Nur im Digital-Betrieb:
Im Gegensatz zum Analog-Betrieb erfolgt keine Verringerung der Strahlintensität. Es muß aber beachtet werden, daß, selbst bei höchster Abtastrateneinstellung (100MSa/s = 10ns Abtastintervall), pulsförmige Signale eine Pulsbreite von 40ns nicht unterschreiten dürfen. Andernfalls besteht die Gefahr, daß das Signal mit zu niedriger Amplitude dargestellt wird.

Mittelwert-Anzeige

Bei abgeschalteten CURSOR-Linien zeigt das READOUT oben rechts den Gleichspannungsmittelwert der Meßspannung an, wenn im MENU SETUP > MISCELLANEOUS: MEAN VALUE > **ON** aktiviert ist und weitere Bedingungen erfüllt sind:

Das zu messende Signal (bei Wechselspannungen > 20 Hz) muß am Eingang von CH I (31) oder CH II (35) anliegen und mit DC-Eingangskopplung (32) (36) auf den nachfolgenden Meßverstärker gelangen. Es muß Yt- (Zeitbasis) Betrieb mit interner Triggerung vorliegen (Triggerquelle: CH I **oder** CH II; keine alternierende Triggerung). Die Anzeige erfolgt nur wenn AC- oder DC-Triggerkopplung vorliegt.

Sind die vorgenannten Bedingungen nicht erfüllt, wird „DC:?“ angezeigt.

Der Mittelwert wird mit Hilfe des bei interner Triggerung benutzten Triggersignalverstärkers erfaßt. Im Einkanalbetrieb (CH I oder CH II) ergibt sich die Zuordnung der Mittelwertanzeige zum angezeigten Kanal automatisch, da mit der Kanalumschaltung automatisch auch die Triggerquelle (Verstärker) umgeschaltet wird. Bei DUAL-Betrieb kann die Triggerquelle (CH I oder CH II) gewählt werden. Die Mittelwertanzeige bezieht sich auf den Kanal, von dem das Triggersignal stammt Der Gleichspannungsmittelwert wird mit Vorzeichen angezeigt (z.B. DC: 501mV bzw. DC: -501mV). Meßbereichsüberschreitungen werden durch „ < „ bzw. „ > “ Zeichen gekennzeichnet (z.B. DC<-1.80V bzw. DC>1.80V). Bedingt durch eine für die Mittelwertanzeige notwendige Zeitkonstante, aktualisiert sich die Anzeige erst nach einigen Sekunden, wenn Spannungsänderungen erfolgen.

Bei der Anzeigegenauigkeit sind die Spezifikationen des Oszilloskops zu beachten (maximale Toleranz der Meßverstärker 3% von 5mV/cm bis 20V/cm). Normalerweise liegen die Meßverstärkertoleranzen deutlich unterhalb von 3%; es sind jedoch weitere Abweichungen, wie z.B. unvermeidliche Offsetspannungen zu berücksichtigen, die ohne angelegtes Meßsignal eine von 0-Volt abweichende Anzeige bewirken können.

Die Anzeige zeigt den arithmetischen (linearen) Mittelwert. Bei Gleich- bzw. Mischspannungen (Gleichspannungen mit überlagerter Wechselspannung) wird die Gleichspannung bzw. der Gleichspannungsanteil angezeigt. Im Falle von Rechteckspannungen geht das Tastverhältnis in die Mittelwertanzeige ein.

Komponenten-Test

Gerätebezogene Informationen, welche die Bedienung und die Meßanschlüsse betreffen, sind dem Absatz **CT (45)** unter “Bedienelemente und Readout” zu entnehmen.

Das Oszilloskop verfügt über einen eingebauten Komponenten-Tester. Der zweipolige Anschluß des zu prüfenden Bauelementes erfolgt über die dafür vorgesehenen Buchsen. Im Komponententest-Betrieb sind sowohl die Y-Vorverstärker wie auch der Zeitbasisgenerator abgeschaltet. Jedoch dürfen Signalspannungen an den auf der Frontplatte befindlichen BNC-Buchsen weiter anliegen, wenn einzelne nicht in Schaltungen befindliche Bauteile (Einzelbauteile) getestet werden. Nur in diesem Fall müssen die Zuleitungen zu den BNC-Buchsen nicht gelöst werden (siehe „Tests direkt in der Schaltung“). Außer den INTENS.-, FOCUS- und X-POS.-Einstellern haben die übrigen Oszilloskop-Einstellungen keinen Einfluß auf diesen Testbetrieb. Für die Verbindung des Testobjekts mit dem Oszilloskop sind zwei einfache Meßschnüre mit 4mm-Bananensteckern erforderlich.
Wie im Abschnitt SICHERHEIT beschrieben, sind alle Meßanschlüsse (bei einwandfreiem Betrieb) mit dem Netzschutzleiter verbunden, also auch die Buchsen für den Komponententester. Für den Test von Einzelbauteilen (nicht in Geräten bzw. Schaltungen befindlich) ist dies ohne Belang, da diese Bauteile nicht mit dem Netzschutzleiter verbunden sein können.

Sollen Bauteile getestet werden, die sich in Testschaltungen bzw. Geräten befinden, müssen die Schaltungen bzw. Geräte unter allen Umständen vorher stromlos gemacht werden. Soweit Netzbetrieb vorliegt, ist auch der Netzstecker des Testobjektes zu ziehen. Damit wird sichergestellt, daß eine Verbindung zwischen Oszilloskop und Testobjekt über den Schutzleiter vermieden wird. Sie hätte falsche Testergebnisse zur Folge.

Nur entladene Kondensatoren dürfen getestet werden!

Das Testprinzip ist von bestechender Einfachheit. Ein im Oszilloskop befindlicher Sinusgenerator erzeugt eine Sinusspannung, deren Frequenz 50Hz (±10%) beträgt. Sie speist eine Reihenschaltung aus Prüfobjekt und eingebautem Widerstand. Die Sinusspannung wird zur Horizontalablenkung und der Spannungsabfall am Widerstand zur Vertikalablenkung benutzt.

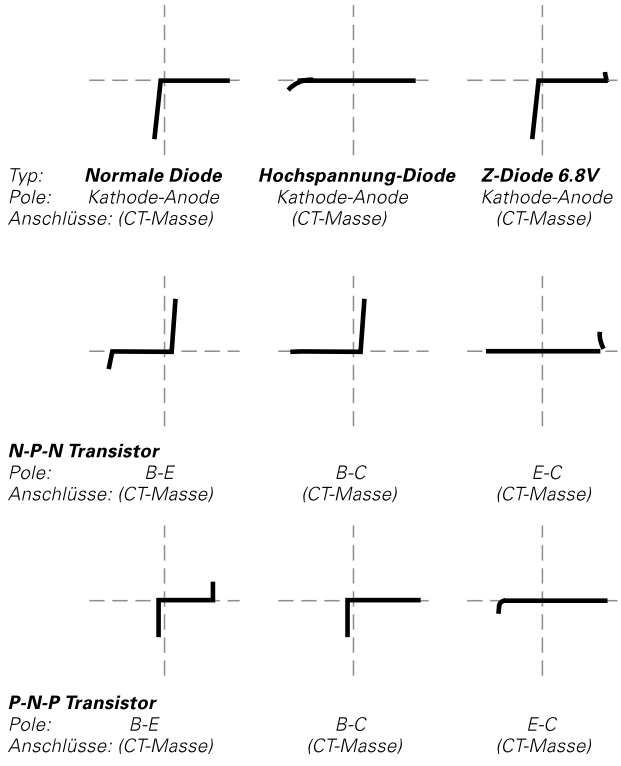
Ist das Prüfobjekt eine reelle Größe (z.B. ein Widerstand), sind beide Ablenkspannungen phasengleich. Auf dem Bildschirm wird ein mehr oder weniger schräger Strich dargestellt. Ist das Prüfobjekt kurzgeschlossen, steht der Strich senkrecht. Bei Unterbrechung oder ohne Prüfobjekt zeigt sich eine waagerechte Linie. Die Schrägstellung des Striches ist ein Maß für den Widerstandswert. Damit lassen sich ohmische Widerstände zwischen 20Ω und 4,7kΩ testen.

Kondensatoren und Induktivitäten (Spulen, Drosseln, Trafowicklungen) bewirken eine Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung, also auch zwischen den Ablenkspannungen. Das ergibt ellipsenförmige Bilder. Lage und Öffnungsweite der Ellipse sind kennzeichnend für den Scheinwiderstandswert bei einer Frequenz von 50Hz. Kondensatoren werden im Bereich 0,1µF bis 1000µF angezeigt.

Eine Ellipse mit horizontaler Längsachse bedeutet eine hohe Impedanz (kleine Kapazität oder große Induktivität).
Eine Ellipse mit vertikaler Längsachse bedeutet niedrige Impedanz (große Kapazität oder kleine Induktivität).
Eine Ellipse in Schräglage bedeutet einen relativ großen Verlustwiderstand in Reihe mit dem Blindwiderstand.

Bei Halbleitern erkennt man die spannungsabhängigen Kennlinienknicke beim Übergang vom leitenden in den nichtleitenden Zustand. Soweit das spannungsmäßig möglich ist, werden Vorwärts- und Rückwärts-Charakteristik dargestellt (z.B. bei einer Z-Diode unter 10V). Es handelt sich immer um eine Zweipol-Prüfung; deshalb kann z.B. die Verstärkung eines Transistors nicht getestet werden, wohl aber die einzelnen Übergänge B-C, B-E, C-E. Da der Teststrom nur einige mA beträgt, können die einzelnen Zonen fast aller Halbleiter zerstörungsfrei geprüft werden. Eine Bestimmung von Halbleiter-Durchbruch- und Sperrspannung > 10V ist nicht möglich. Das ist im allgemeinen kein Nachteil, da im Fehlerfall in der Schaltung sowieso grobe Abweichungen auftreten, die eindeutige Hinweise auf das fehlerhafte Bauelement geben.

Recht genaue Ergebnisse erhält man beim Vergleich mit sicher funktionsfähigen Bauelementen des gleichen Typs und Wertes. Dies gilt insbesondere für Halbleiter. Man kann damit z.B. den kathodenseitigen Anschluß einer Diode oder Z-Diode mit unkenntlicher Bedruckung, die Unterscheidung eines p-n-p-Transistors vom komplementären n-p-n-Typ oder die richtige Gehäuseanschlußfolge B-C-E eines unbekannten Transistortyps schnell ermitteln.

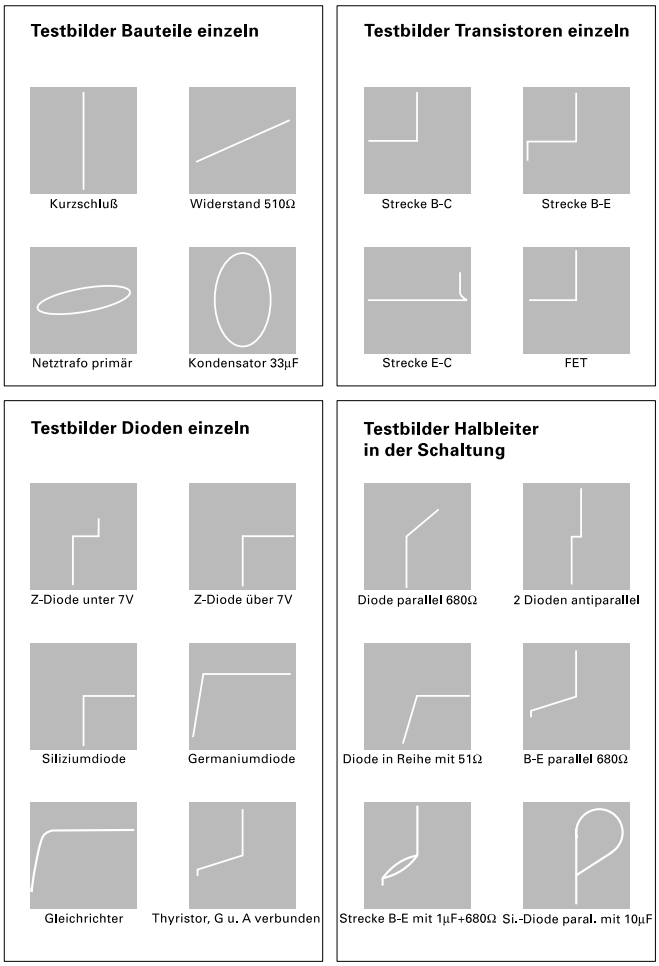


Zu beachten ist hier der Hinweis, daß die Anschlußumpolung eines Halbleiters (Vertauschen der Meßkabel) eine Drehung des Testbilds um 180° um den Rastermittelpunkt der Bildröhre bewirkt.

Wichtiger noch ist die einfache Gut-/Schlecht-Aussage über Bauteile mit Unterbrechung oder Kurzschluß, die im Service-Betrieb erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt wird. Die übliche Vorsicht gegenüber einzelnen MOS-Bauelementen in Bezug auf statische Aufladung oder Reibungselektrizität wird dringend angeraten. Brumm kann auf dem Bildschirm sichtbar werden, wenn der Basis- oder Gate-Anschluß eines einzelnen Transistors offen ist, also gerade nicht getestet wird (Handempfindlichkeit).

Tests direkt in der Schaltung sind in vielen Fällen möglich, aber nicht so eindeutig. Durch Parallelschaltung reeller und/oder komplexer Größen - besonders wenn diese bei einer Frequenz von 50Hz relativ niederohmig sind - ergeben sich meistens große Unterschiede gegenüber Einzelbauteilen. Hat man oft mit Schaltungen gleicher Art zu arbeiten (Service), dann hilft auch hier ein Vergleich mit einer funktionsfähigen Schaltung. Dies geht sogar besonders schnell, weil die Vergleichsschaltung garnicht unter Strom gesetzt werden muß (und darf!). Mit den Testkabeln sind einfach die identischen Meßpunktpaare nacheinander abzutasten und die Schirmbilder zu vergleichen. Unter Umständen enthält die Testschaltung selbst schon die Vergleichsschaltung, z.B. bei Stereo-Kanälen, Gegentaktbetrieb, symmetrischen Brückenschaltungen. In Zweifelsfällen kann ein Bauteilanschluß einseitig abgelötet werden. Genau dieser Anschluß sollte dann mit dem nicht an der Masse-buchse angeschlossenen Meßkabel verbunden werden, weil sich damit die Brummeinstreuung verringert. Die Prüfbuchse mit Massezeichen liegt an Oszilloskop-Masse und ist deshalb brumm-unempfindlich.

Die Testbilder zeigen einige praktische Beispiele für die Anwendung des Komponenten-Testers.



Speicherbetrieb

Gegenüber dem Analog-Oszilloskop-Betrieb bietet der Digital-Betrieb grundsätzlich folgende Vorteile:

Einmalig auftretende Ereignisse sind leicht erfaßbar. Niederfrequente Signale können problemlos als vollständiger Kurvenzug dargestellt werden. Höherfrequente Signale mit niedriger Wiederholfrequenz rufen keinen Abfall der Darstellungshelligkeit hervor. Erfaßte Signale können relativ einfach dokumentiert bzw. weiterverarbeitet werden.

Gegenüber dem Analog-Oszilloskop-Betrieb gibt es aber auch Nachteile:

Die schlechtere Y- und X-Auflösung und die niedrigere Signalerfassungshäufigkeit. Außerdem ist die maximal darstellbare Signalfrequenz abhängig von der Zeitbasis. Bei zu niedriger Abtastrate können sogenannte „Alias"-Signaldarstellungen (aliasing) erfolgen, die ein nicht in dieser Form existierendes Signal zeigen.

Der Analog-Betrieb ist bezüglich der Originaltreue der Signaldarstellung unübertroffen. Mit der Kombination von Analog- und Digital-Oszilloskop bietet **HAMEG** dem Anwender die Möglichkeit, abhängig von der jeweiligen Meßaufgabe, die jeweils geeignetere Betriebsart zu wählen.

Der **HM407** verfügt über zwei 8-Bit A/D-Wandler. Außer bei Einzelereigniserfassung im DUAL-Betrieb mit maximal 40MSa/s, beträgt die maximale Abtastrate in allen anderen Digital-Betriebsarten 100MSa/s (XY = 40MSa/s), wenn der kleinste Zeit-Ablenkkoeffizient eingestellt wurde.

Bei der Signalerfassung besteht prinzipiell kein Unterschied zwischen der Erfassung repetierender (sich ständig wiederholender) Signale und dem Aufzeichnen einmaliger Ereignisse. Die Signaldarstellung erfolgt immer mit einer linearen Punktverbindung (Dot Join) der Abtastpunkte. Alle im Digitalspeicher-Betrieb erfaßten und gespeicherten Signaldaten können über die RS232 Schnittstelle zur Dokumentation abgerufen werden. Diesbezügliche Informationen sind dem Abschnitt „RS232-Interface" zu entnehmen.

Signal-Erfassungsarten

Im Speicherbetrieb können Signale in 6 Betriebsarten erfaßt bzw. dargestellt werden:

REFRESH-Betrieb (RFR-LED leuchtet, Readout zeigt RFR an),
ENVELOPE-Betrieb (ENV-LED leuchtet, Readout zeigt ENV an),
AVERAGE-Betrieb (AVM-LED leuchtet, Readout zeigt AV... an),
ROLL-Betrieb (ROL-LED leuchtet, Readout zeigt ROL an),
SINGLE-Betrieb (SGL-LED leuchtet, Readout zeigt SGL an) und
XY-Betrieb (RFR-LED leuchtet, Readout zeigt XY an).

Die Signalerfassung wird im SINGLE-, REFRESH-, ENVELOPE- und AVERAGE-Betrieb durch die Triggerung ausgelöst, während sie im ROLL- und XY-Betrieb triggerunabhängig (ungetriggert) erfolgt. Der **REFRESH**-Betrieb entspricht bezüglich der Darstellung dem gewohnten Verhalten eines Analog-Oszilloskops. Durch die Triggerung ausgelöst, erfolgt ein „Schreibvorgang", der am linken Bildrand beginnt (0% Pretrigger) und am rechten Rand endet. Ein darauf folgendes Triggerereignis startet erneut die Datenerfassung und überschreibt die Daten des vorherigen Abtastzyklus.Bei automatischer Triggerung und ohne anliegendes Signal wird die Y-Strahlposition aufgezeichnet. Liegt ein Signal an, dessen Signalfrequenz kleiner als die Wiederholfrequenz der Triggerautomatik ist, erfolgt - wie im Analogoszilloskop-Betrieb - eine ungetriggerte Darstellung. Im Gegensatz dazu wird bei Normaltriggerung ohne Triggersignal keine neue Aufzeichnung gestartet. Anders als im Analogoszilloskop-Betrieb bleibt der Bildschirm dann nicht dunkel, sondern zeigt die letzte Aufzeichnung so lange, bis ein erneutes Auslösen der Triggerung eine neue Aufzeichnung bewirkt.

Die Betriebsarten **Average** (AVM) und **Envelope** (ENV) sind Unterbetriebsarten des Refreshbetriebs (siehe „Bedienelemente und Readout").
Im **SINGLE**-Betrieb können einmalige Ereignisse aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnung beginnt, wenn die **SGL**- (SINGLE) LED **und** die **RES**- (RESET) LED leuchten. Nach Auslösen der Triggerung und dem Ende der Aufzeichnung erlischt die RESET-LED.

Um ein ungewolltes Auslösen von Signalaufzeichnungen durch die Triggerautomatik zu verhindern, wird automatisch auf Normaltriggerung umgeschaltet. Mit dem **Y-POS** -Einsteller kann das 0 Volt Symbol ( ) auf eine geeignete Rasterposition gestellt werden.

Anschließend kann das Triggerpunkt-Symbol mit dem LEVEL-Einsteller ober- oder unterhalb der 0 Volt Position eingestellt werden. Ist seine Position 2 Division oberhalb der vorher bestimmten 0 Volt Position festgelegt, erfolgt die Triggerung mit einer Eingangsspannung, die diesen Wert (2 Division) über- oder unterschreitet (Flankenrichtung). Die Höhe der benötigten Eingangsspannung hängt dann nur noch vom Y-Ablenkkoeffizienten und dem Tastteiler ab.

Beispiel:
Triggerpunkt 2 div. über 0 Volt, 1 Volt/Division und 10:1 Tastteiler = +20 Volt.

ROLL-Betrieb: Siehe **ROL** unter Punkt (7) im Abschnitt „Bedienelemente und Readout".

Speicherauflösung

Vertikalauflösung

Die im Speicherteil eingesetzten 8 Bit Analog-/Digital-Wandler ermöglichen 256 unterschiedliche Strahlpositionen (Vertikalauflösung). Die Darstellung auf dem Schirmbild erfolgt so, daß die Auflösung 25 Punkte/cm beträgt. Dadurch ergeben sich Vorteile bei der Signal-Darstellung, -Dokumentation und -Nachverarbeitung (Dezimalbrüche).

Geringfügige, die Y-Position und -Amplitude betreffende, Abweichungen zwischen der Darstellung auf dem Bildschirm (analog) und der digitalen Dokumentation (z.B. Drucker) sind unvermeidlich. Sie resultieren aus unterschiedlichen Toleranzen, welche die zur Schirmbilddarstellung benötigten Analogschaltungen betreffen. Die Strahlpositionen sind wie folgt definiert:

Mittlere horizontale Rasterlinie	= 10000000b	= 80h	= 128d
Oberste „ „	= 11100100b	= E4h	= 228d
Unterste „ „	= 00011100b	= 1Ch	= 28d

Im Gegensatz zum Analogoszilloskop-Betrieb, mit seiner theoretisch unendlichen Y-Auflösung, ist sie im Digital-Speicheroszilloskop Betrieb auf 25 Punkte/cm begrenzt. Dem Meßsignal überlagertes Rauschen führt dazu, daß, besonders dann, wenn die Y-Position kritisch eingestellt ist, sich bei der A/D-Wandlung das geringwertigste Bit (LSB) ständig ändert.

Horizontalauflösung

Es können maximal 3 Signaldarstellungen gleichzeitig auf dem Bildschirm erfolgen (2 Kanäle bei DUAL-Betrieb und 1 Referenzsignal). Jede Signaldarstellung besteht aus 2048 Byte (Punkten). Dabei werden 2000 Punkte über 10 Rasterteilungen (Division) dargestellt. Somit beträgt die Auflösung 200 Punkte pro Teilung.

Gegenüber nur Digital-Oszilloskopen mit VGA- (50 Punkte/div.) oder LCD- (25 Punkte/div.) Anzeige ergibt sich daraus nicht nur eine 4 bzw. 8fach bessere X-Auflösung, auch die maximal erfaßbare Signalfrequenz ist in jeder Zeitbasisstellung 4 bzw. 8fach höher. Damit werden auch höherfrequente Signalanteile, die relativ niederfrequenten Signalen überlagert sind, noch erfaßbar. Beispiel: Es soll eine Signalperiode eines 50Hz Sinussignals dargestellt werden. Der Zeit-Ablenkkoeffizient muß dabei 2ms/div. betragen. Im Vergleich ergeben sich folgende Abtastraten und daraus resultierend die maximal

erfaßbaren Signalfrequenzen.

Punkte/div	Abtastintervall	Abtastrate	Signalfreq.
200	2ms/200 = 10µs	100kS/s	10kHz
50	2ms/50 = 40µs	25kS/s	2,5kHz
25	2ms/25 = 80µs	2,5kS/s	1,25kHz

Anmerkung:

1. Das Abtastintervall ist der Zeitabstand zwischen den einzelnen Abtastungen (Erfassungslücke). Je geringer die Zahl der über ein Division anzeigbaren Bildpunkte ist, desto größer ist das Abtastintervall.

2. Die Abtastrate ist der reziproke Wert des Abtastintervalls (1/Abtastintervall = Abtastrate).

3. Die Signalfrequenzangabe bezieht sich auf die höchste sinusförmige Signalfrequenz, die bei der vorgegebenen Abtastrate noch 10 Abtastungen auf einer Sinusperiode ermöglicht. Ist die Zahl der Abtastungen/Periode <10, kann z.B. nicht mehr erkannt werden, ob ein Sinus- oder Dreiecksignal erfaßt wurde.

Horizontalauflösung mit X-Dehnung

Wie zuvor beschrieben, ist die relativ hohe X-Auflösung von 200 Signal-Abtastungen/div. vorteilhaft. Mit 10facher X-Dehnung bleibt die Auflösung von 200 Abtastpunkten pro Zentimeter (Division) erhalten, obwohl dann theoretisch nur 20 Punkte pro Div. anzeigbar wären. Die fehlenden 180 Punkte werden interpoliert. Der gewünschte Ausschnitt kann mit dem X-POS.-Einsteller eingestellt werden.

In Verbindung mit X-Dehnung beträgt der kleinstmögliche Zeit-Ablenkkoeffizient 100ns/cm. Ein 10MHz Signal kann dabei mit einer Periode/cm aufgelöst werden.

Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb

Die höchste auswertbare Frequenz ist nicht exakt definierbar, da sie von der Signalform und der Darstellungshöhe des Signals abhängt.

Während ein rechteckförmiges Signal bezüglich seiner Erkennbarkeit relativ geringe Anforderungen stellt, sind, um ein sinusförmiges von einem dreieckförmigen Signal unterscheiden zu können, mindestens 10 Abtastungen/Signalperiode erforderlich. Unter dieser Voraussetzung ist die maximale Abtastrate durch 10 zu dividieren. Das Resultat ist die höchste Signalfrequenz (100MSa/s : 10 = 10MHz).

Anzeige von Alias-Signalen

Falls, bedingt durch die Zeitbasiseinstellung, die Abtastrate zu niedrig ist, kann es zur Darstellung sogenannter Alias-Signale (engl. aliasing) kommen. Das folgende Beispiel beschreibet diesen Effekt:

Ein sinusförmiges Signal wird mit einer Abtastung pro Periode abgetastet. Wenn das Sinussignal zufällig frequenz- und phasengleich dem Abtasttakt ist und die Abtastung jedesmal erfolgt, wenn der positive Signalscheitelwert vorliegt, wird eine waagerechte Linie in der Y-Position des positiven Signalscheitelwertes angezeigt. Dadurch wird eine Gleichspannung als Meßsignal vorgetäuscht. Andere Auswirkungen des Alias-Effektes sind scheinbar ungetriggerte Signaldarstellungen mit Abweichungen der angezeigten (z.B. 2kHz) von der tatsächlichen Signalfrequenz (z.B. 1MHz). Ebenso sind Hüllkurvendarstellungen möglich, die ein amplitudenmoduliertes Signal vortäuschen.

Um derartige Verfälschungen zu erkennen, genügt es, auf Analogbetrieb umzuschalten und die tatsächliche Signalform zu betrachten.

Vertikalverstärker-Betriebsarten

Prinzipiell kann das Oszilloskop im Digitalspeicherbetrieb mit den gleichen Betriebsarten arbeiten wie im analogen Betrieb. Es können so dargestellt werden:

- Kanal I einzeln,
- Kanal II einzeln,
- Kanäle I und II gleichzeitig (Yt oder XY),
- Summe der beiden Kanäle,
- Differenz der beiden Kanäle.

Abweichungen des Speicherbetriebs (gegenüber dem Analogoszilloskop-Betrieb) sind:

- Bei DUAL-Betrieb erfolgt die Aufnahme beider Eingangs-Signale gleichzeitig, da jeder Kanal über einen A/D Wandler verfügt. Die im Analog-Betrieb erforderliche Umschaltung zwischen gechopptem bzw. alternierendem Betrieb entfällt daher.
- Wegen der hohen Wiederholfrequenz der Bilddarstellung kann Flackern nicht auftreten.
- Die Strahlhelligkeit wird nicht durch die Schreibgeschwindigkeit des Elektronenstrahles und die Wiederholhäufigkeit der „Schreibvorgänge" beeinflußt.

Abgleich

Das Oszilloskop verfügt unter anderem über ein Kalibrations-Menü. Einige Menüpunkte können auch von Anwendern benutzt werden, die nicht über Präzisionsmeßgeräte bzw. -Generatoren verfügen. Der Aufruf des Menüs erfolgt wie im Abschnitt „Menü" beschrieben. Das Menü „CALIBRATE" enthält mehrere Menüpunkte. Folgende Menüpunkte können ohne spezielle Meß- und Prüfgeräte bzw. vorhergehende Abgleicharbeiten benutzt werden. Der Abgleich erfolgt automatisch; an den BNC Buchsen darf kein Signal anliegen:

1. Y AMP (Meßverstärker Kanal I und II).
2. TRIGGER-AMP (Triggerverstärker).
3. STORE AMP (Digitalteil)

Alle anderen Menüpunkte dürfen und können nicht benutzt werden!

Die beim Abgleich ermittelten neuen Datenwerte werden automatisch gespeichert und liegen auch nach dem erneuten Einschalten des Gerätes wieder vor.
Unter jedem der drei Menüpunkte werden Sollwertabweichungen der Verstärker korrigiert und die Korrekturwerte gespeichert. Bezüglich der Y-Meßverstärker sind dies die Arbeitspunkte der Feldeffekttransistoren, sowie die Invertierungs- und die variable Verstärkungs-Balance. Beim Triggerverstärker werden die Gleichspannungsarbeitspunkte und die Triggerschwelle erfaßt; im Speicherbetrieb erfolgt die Anpassung der Digital- an die Analogdarstellung. Es wird nochmals darauf hingewiesen, daß auch diese automatisch durchgeführten Abgleicharbeiten nur erfolgen sollten, wenn das Oszilloskop seine Betriebstemperatur erreicht hat und die Betriebsspannungen offensichtlich fehlerfrei sind.

RS232-Interface - Fernsteuerung

Sicherheitshinweis

Achtung:
Alle Anschlüsse der Schnittstelle am Oszilloskop sind galvanisch mit dem Oszilloskop verbunden.
Messungen an hochliegendem Meßbezugspotential sind nicht zulässig und gefährden Oszilloskop, Interface und daran angeschlossene Geräte. Bei Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise (siehe auch „Sicherheit“) werden Schäden an HAMEG-Produkten nicht von der Garantie erfaßt. Auch haftet HAMEG nicht für Schäden an Personen oder Fremdfabrikaten.

Beschreibung

Das Oszilloskop verfügt auf der Geräterückseite über eine RS232 Schnittstelle, die als 9polige D-SUB Kupplung ausgeführt ist. Über diese bidirektionale Schnittstelle lassen sich Einstellparameter mit einem PC an das Oszilloskop senden und abfragen. Nur wenn Digital-Betrieb vorliegt, können auch die Signaldaten vom PC abgerufen und empfangen werden. Eine direkte Verbindung vom PC (serieller Port) zum Interface kann über ein 9poliges abgeschirmtes Kabel (1:1 beschaltet) hergestellt werden. Die maximale Länge darf 3m nicht erreichen. Die Steckerbelegung für das RS232-Interface (9polige D-Subminiatur Buchse) ist folgendermaßen festgelegt:

Pin
2 Tx Data (Daten vom Oszilloskop zum externen Gerät)
3 Rx Data (Daten vom externen Gerät zum Oszilloskop)
7 CTS Sendebereitschaft
8 RTS Empfangsbereitschaft
5 Ground (Bezugspotential, über Oszilloskop (Schutzklasse I) und Netzkabel mit dem Schutzleiter verbunden.

9 +5V Versorgungsspannung für externe Geräte (max.400mA).

Der maximal zulässige Spannungshub an den Tx, Rx, RTS und CTS Anschlüssen beträgt ± 12Volt. Die RS232-Parameter für die Schnittstelle lauten:

N-8-2 (kein Paritätsbit, 8 Datenbits, 2 Stoppbits, RTS/CTS-Hardware-Protokoll).

Baudrateneinstellung

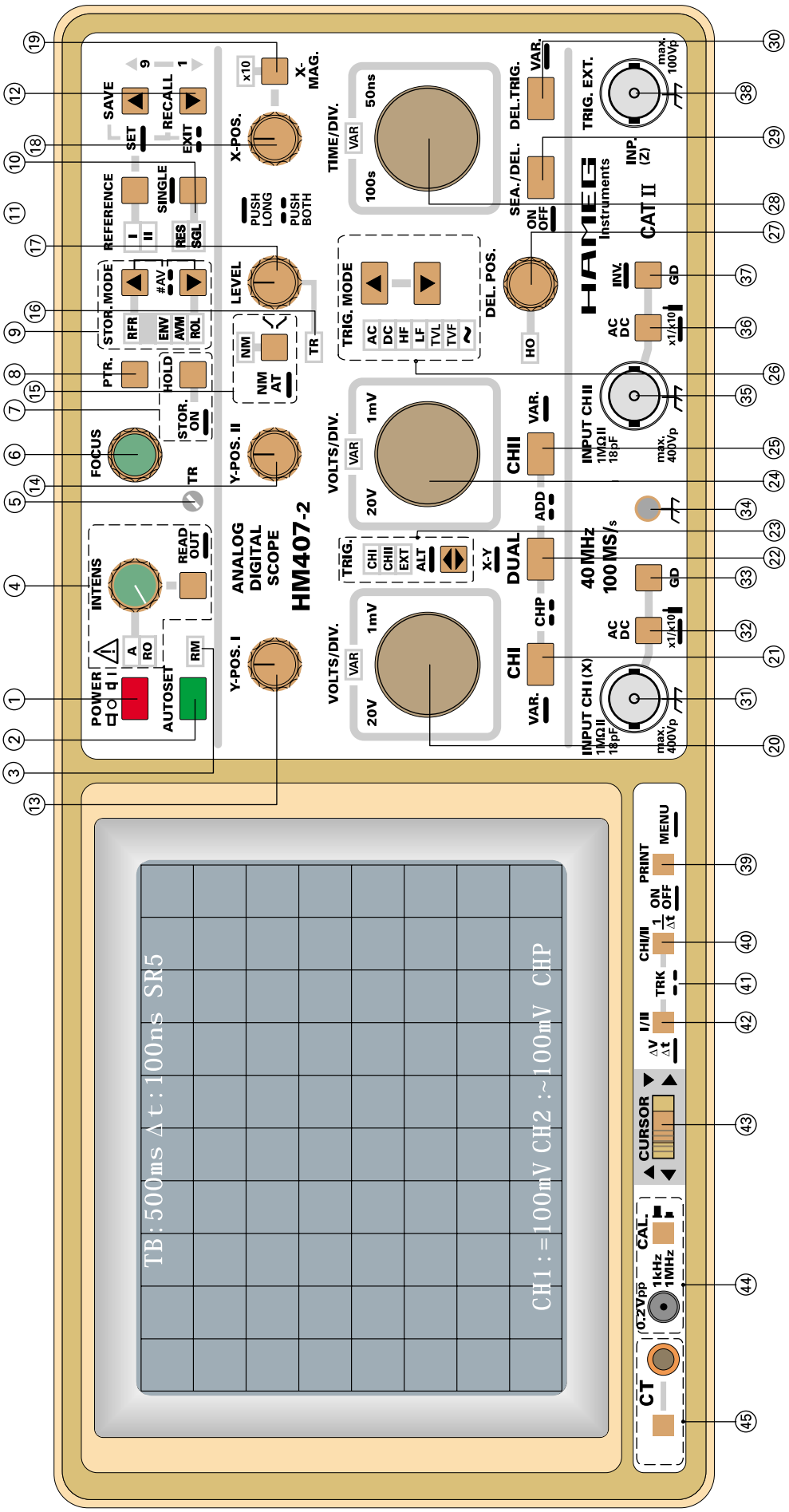
Die Baudrateneinstellung erfolgt automatisch.
BEREICH: 110 Baud bis 115200 Baud
(keine Parität, Datenlänge 8 Bit, 2 Stoppbit).
Mit dem ersten nach POWER-UP (Einschalten des Oszilloskops) gesendeten SPACE CR (20hex, ODhex) wird die Baudrate eingestellt. Diese bleibt bis zum POWER-DOWN (Auschalten des Oszilloskops) oder bis zum Aufheben des Remote-Zustandes durch das Kommando RM=O, bzw. die Taste LOCAL (Auto-Range-Taste), wenn diese vorher freigegeben wurde, erhalten. Nach Aufheben des Remote-Zustandes (RM-LED dunkel) kann die Datenübertragung nur mit Senden von SPACE CR wieder aufgenommen werden. Erkennt das Scope kein SPACE CR als erste Zeichen wird TxD für ca. 0,2ms auf Low gezogen und erzeugt damit einen Rahmenfehler.

Hat das Scope SPACE CR erkannt und seine Baudrate eingestellt, antwortet es mit dem RETURNCODE O CR LF. Die Tastatur des Scopes ist danach gesperrt. Die Zeit zwischen Remote OFF und Remote ON muß mindestens

$$\mathbf{t_{min}=2\ x(1/Baudrate) + 60\mu s}$$ betragen.

Datenübertragung

Nach erfolgreicher Baudrateneinstellung befindet sich das Scope im Remote-Zustand und ist zur Entgegennahme von Kommandos bereit. Ein Datenträger mit Programmierbeispielen und der Liste aller Oszilloskopbefehle, gehört zum Lieferumfang des Oszilloskops.


ANALOG DIGITAL SCOPE
HM407-2
HAMEG Instruments
CAT II
POWER
AUTOSET
INTENS
FOCUS
READ OUT
SAVE
RECALL
SET
EXIT
REFERENCE
SINGLE
STOR. MODE
PTR.
HOLD
STOR. ON
LEVEL
NM
AT
TR
X-POS.
X-MAG.
Y-POS. I
Y-POS. II
TIME/DIV.
VOLTS/DIV.
TRIG. MODE
DEL. POS.
SEA./DEL.
DEL.TRIG.
TRIG. EXT.
INP. (Z)
INPUT CH I (X)
INPUT CH II
CHI
CHII
DUAL
ADD
CHP
X-Y
TRIG.
40 MHz
100 MS/s
INV.
PRINT
MENU
CURSOR
CAL.
CT
TB: 500ms Δt: 100ms SR5
CH1: =100mV CH2: ~100mV CHP

HAMEG®
Instruments

Oscilloscopes

Multimeters

Counters

Frequency Synthesizers

Generators

R- and LC-Meters

Spectrum Analyzers

Power Supplies

Curve Tracers

Time Standards

Printed in Germany

41-0407-02D0

Germany

HAMEG GmbH
Industriestraße 6
63533 Mainhausen
Tel. (06182) 8909 - 0
Telefax (06182) 8909 - 30
E-mail: sales@hameg.de

HAMEG Service
Kelsterbacher Str. 15-19
60528 FRANKFURT am Main
Tel. (069) 67805 - 24
Telefax (069) 67805 - 31
E-mail: service@hameg.de

France

HAMEG S.a.r.l
5-9, av. de la République
94800-VILLEJUIF
Tél. (1) 4677 8151
Telefax (1) 4726 3544
E-mail: hamegcom@magic.fr

Spain

HAMEG S.L.
Villarroel 172-174
08036 BARCELONA
Teléf. (93) 4301597
Telefax (93) 321220
E-mail: email@hameg.es

Great Britain

HAMEG LTD
74-78 Collingdon Street
LUTON Bedfordshire LU1 1RX
Phone (01582)413174
Telefax (01582)456416
E-mail: sales@hameg.co.uk

United States of America

HAMEG, Inc.
266 East Meadow Avenue
EAST MEADOW, NY 11554
Phone (516) 794 4080
Toll-free (800) 247 1241
Telefax (516) 794 1855
E-mail: hamegny@aol.com

Hongkong

HAMEG LTD
Flat B, 7/F,
Wing Hing Ind. Bldg.,
499 Castle Peak Road,
Lai Chi Kok, Kowloon
Phone (852) 2 793 0218
Telefax (852) 2 763 5236
E-mail: hameghk@netvigator.com